



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KARACASU (AYDIN) ÇEVRESİNİN JEOTERMAL POTANSİYELİ

Osman MOHAMED ALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül 2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Osman MOHAMED ALI tarafından hazırlanan “**KARACASU (AYDIN) ÇEVRESİNİN JEOTERMAL POTANSİYELİ**” adlı tez çalışması 12/09/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğretim Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ
Karatay Üniversitesi

.....

Danışman

Dr. Öğretim üyesi Güler GÖÇMEZ
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Ayla BOZDAĞ
Konya Teknik Üniversitesi

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Osman MOHAMED ALİ

Tarih: 12/09/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARACASU (AYDIN) ÇEVRESİNİN JEOTERMAL POTANSİYELİ

Osman MOHAMED ALİ

Konya Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Güler Göçmez

2025, 71 Sayfa

Jüri

Dr. Öğretim üyesi Güler GÖÇMEZ

Prof. Dr. Ayla BOZDAĞ

Dr. Öğretim Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ

Çalışma alanı Aydın ilinin yaklaşık 70 km güneydoğusunda bulunan Karacasu çevresidir. Çalışmada bölgenin jeotermal potansiyeli, alandaki sıcak suların hidrokimyasal özellikleri kökeni, beslenme alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Alanda temeli kayalar, Dandalas, Karacaören, Karacasu Formasyonları alüvyon olmak üzere 5 birim bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan sıcak su sondajları soğuk su sondajları ve kaynaklardan 10 adet örnek alınmıştır. Soğuk suların sıcaklığı 18-19 °C, pH, 7.9, EC değerleri 450-470 µS/cm, TDS değeri ise 200-230 ppm, sıcak suların sıcaklığı 24 -29°C, pH'ı 8, EC değerleri 510-1100 µS/cm ve TDS 250-270 ppm arasındadır. Karacasu çevresinde bulunan kaynak ve sondajlar kaba taneli alüvyon yelpazelerine ait litoloji içerisinde açılmış olup akifer kalınlığı 180 metreyi aşan lagüinal fasiyeslerle gölsel çökellere kadar inmektedir. Schoeller diyagramında iyonları birleştiren doğrular yaklaşık paralel olup Ca, Mg, HCO₃ fasiyesinde ve aynı kökenlidir. Sıcak su kaynakları benzer beslenime ve hazne kayaç tipine sahiptirler Hazne kaya sıcaklığı 160-430 °C olup soğuk su karışım oranı %85-98 dir Temel kayalara kadar süzülen ve geçirimli birimlerinde toplanan yağış suları derinlere süzülerek buradaki yüksek jeotermik gradyana bağlı olarak ısınır. Derinlerde ısınan sular faylar ve kırık sistemleri boyunca yükselirken daha sığ derinliklerde bulunan soğuk yeraltı suları ile karışarak ve kondüktif olarak soğuyarak yüzeye doğru çıkmaktadır.

Çalışma alanına ait sıcak ve soğuk sular Yeşilköy kaynağı, Yeşilköy çeşme ve Geyre sondajı hariç aragonit, kalsit, dolomit minerallerince doymun olup çökeltici özelliktedir. Tüm suları, anhidrit, jips, halit, silvit minerallerince doymun olmayıp çözüldürücü özelliktedir. Giggenbach (1988)'diyagramına göre inceleme alanındaki sıcak sular olgun olmayan ham sular bölgesinde kalmaktadır. Karacasu graben'nin jeolojik jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri, jeotermal potansiyel için uygundur. BMG içinde Karacasu grabeninin çevresinde birçok jeotermal kuyu açılmış ve uzun süredir birçok jeotermal enerji santrali faaliyettedir.

Anahtar Kelimeler: Graben, Jeotermal gradyan, Jeotermal enerji, Karacasu, Kaynak,

ABSTRACT

MSCTHESIS

GEOTHERMAL POTENTIAL OF KARACASU (AYDIN) PROVINCE

Osman MOHAMED ALİ

Konya Technical University

Institute of Graduate Studies

Department of Engineering Geology

Department of Geological Engineering

Advisor: Güler Göçmez

Year 2025, 71 Pages

Jury

Advisor: Assistant Professor Dr. Güler GÖÇMEZ

Prof. Dr. Ayla BOZDAĞ

Assistant Professor Dr. Fatma Didem TUNÇEZ

The study area is around Karacasu, located approximately 70 km southeast of Aydın province. The study aims to determine the geothermal potential of the region, the hydrochemical properties of the hot waters in the area, and their origin, as well as to identify the recharge areas. There are five formations in the area, consisting of bedrock, Dandalas, Karacaören, and Karacasu Formations, and alluvium. Ten samples were taken from hot water wells, cold water wells, and springs in the study area. The temperature of the cold waters is 18-19 °C, pH is 7.9, EC values are 450-470 $\mu\text{S/cm}$, TDS value is 200-230 ppm, the temperature of the hot waters is 24-29 °C, pH is 8, EC values are 510-1100 $\mu\text{S/cm}$, and TDS is between 250-270 ppm. The springs and boreholes around Karacasu are located within the lithology of coarse-grained alluvial fans, with aquifer thickness exceeding 180 meters, extending down to lagoonal facies and lacustrine deposits. In the Schoeller diagram, the lines connecting the ions are approximately parallel and are of the same origin in the Ca, Mg, HCO_3 facies. Hot water sources have similar feeding and reservoir rock types. The reservoir rock temperature is 160-430 °C, and the cold water mixing ratio is 85-98%. Rainwater that filters down to the bedrock and collects in permeable units filters deep into the ground and heats up due to the high geothermal gradient there. The heated water rises along faults and fracture systems, mixing with colder groundwater at shallower depths and cooling conductively as it ascends toward the surface.

The hot and cold waters in the study area, except for the Yeşilköy spring, Yeşilköy fountain, and Geyre borehole, are saturated with aragonite, calcite, and dolomite minerals and have precipitating properties. All waters are not saturated with anhydrite, gypsum, halite, and sylvite minerals and have dissolving properties. According to Giggenbach's (1988) diagram, the hot waters in the study area remain in the immature water zone. The geological, hydrogeological, and hydrogeochemical characteristics of the Karacasu graben are suitable for geothermal potential. Within the BMG, numerous geothermal wells have been drilled around the Karacasu graben, and several geothermal power plants have been in operation for a long time.

Keywords: Geothermal gradient, Geothermal energy, Graben, Karacasu, Spring

ÖNSÖZ

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır

Her şey için Allah'a sonsuz şükranlarımı sunarım. Tüm çabalarımnda eşsiz lütfu, sürekli nimetleri, üstün koruması ve rehberliği için Yüce Rabbim'e çok minnettarım.

Genel müdürüm Dr. Jalludin'e ve enstitü müdürüm Dr. Awale'ye Türkiye'de yüksek lisans yapmama izin verdikleri ve gerekli desteği sağladıkları için çok müteşekkirim.

Yüksek Lisans Tez çalışmam süresinde ders, arazi, buro ve yazım aşamalarında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim üyesi Güler Göçmez'e sonsuz teşekkürler ederim.

Tez çalışmalarım sırasında mineralojik, petrografik çalışmalarımnda ince kesitlerin bakılmasında ve hidrojeoloji çalışmalarımnda yardımlarını gördüğüm Prof.Dr. Ayla Bozdağ'a, Doç.Dr. Arif Delikan ve Dr. Öğretim Üyesi Gürsel Kansun'a şükranlarımı sunarım

Yapısal verilerin değerlendirilmesi sırasında yardımlarını gördüğüm Dr. Öğr. Üyesi Belkant Coşkun'er'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında, barınma, literatür veri temini, arazi aracı temini, örnek alım çalışmaları gibi her konuda yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisi sayın Salih Kaymak' bey ve Erna Proje Danışmanlık ve Mühendislik Enerji A.Ş şirketi çalışanlarına sonsuz teşekkürler ederim

Araziden aldığım su örneklerinin fiziko-kimyasal analizlerini yapan Envirolab ölçüm ve analiz laboratuvarı müdürü Çevre Yük. Mühendisi Mustafa Nuzumla'ya ve laboratuvar çalışanlarına sonsuz teşekkürler ederim.

Yaşamım boyunca benden hiçbir fedakarlığı esirgemeyen ve her zaman yanımda aileme şükranlarımı sunarım.

Osman MOHAMED ALI

KONYA-2025

İÇİNDEKLERİ

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELERİ LİSTESİ.....	x
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2.Çalışma Alanı	1
1.2.1.Morfoloji.....	1
1.2.2.Hidrografi.....	2
2.KAYNAK ARAŞTIRMA	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Ön çalışmaları	9
3.2. Arazi Çalışmaları.....	9
3.3. Laboratuvar Çalışmaları	11
3.4. Büro Çalışmaları.....	11
4.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	12
4.1. Jeoloji-Stratigrafi.....	12
4.1.1. Temel Kayaçlar.....	14
4.1.1.1. Metamorfik Kayaçlar (Pzt)	14
4.1.2. Dandalas Grubu	17
4.1.2.1. Damdere Formasyonu (Tmd)	17
4.1.2.2. Karacaören Formasyonu (Tmk).....	17
4.1.3. Karacasu Formasyonu (Qalk)	20
4.1.4. Alüvyon (Qal).....	21
4.2.Yapısal Jeoloji	22
4.2.1. Karacasu Fay Sistemi	22
4.2.2. Kırık ve Çatlaklar.....	24
4.3.Hidrojeoloji.....	26
4.3.1. İklimsel verilerin değerlendirilmesi.....	26
4.3.1.1. Sıcaklık	26
4.3.1.2.Yağış	28
4.3.1.3. Buharlaşma ve Terleme	30
4.3.2. Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri	32
4.3.2.1.Geçirimli Birimler (Gç1)	32
4.3.2.2.Geçirimli Birimler (Gç2)	32
4.3.2.3.Geçirimli Birimler 3 (Gç3)	32
4.3.2.4. Yarı Geçirimli Birimler (Gy1).....	33
4.3.2.5. Yarı Geçirimli Birimler 2 (Gy2).....	33
4.3.2.6. Geçirimsiz Birimler 1 (Gz1)	33
4.3.2.7. Geçirimsiz Birimler 2 (Gz2)	34
4.3.3.Yüzey Suları	36
4.3.4. Soğuk su Sondaj Kuyuları	36
4.3.4.1.Ataköy 1 sondaj Kuyusu.....	37
4.3.4.2.Ataköy 2 sondaj kuyusu.....	37
4.3.5.Sıcak Su Sondaj kuyuları.....	38
4.3.5.1.Geyre Sondaj.....	38
4.3.5.2.Güzelbeyli sondaj	38

4.3.5.3.Yeşilyurt Sondaj	38
4.3.6.Sıcak Su Kaynağı.....	39
4.3.6.1.Geyre Çayı Kaynağı.....	39
4.3.6.2.Yeşilköy Kaynağı	39
4.3.6.3.Güzelbeyli Kaynağı	39
4.3.6.4. Atakköy Kaynağı	39
4.3.6.5. Yeşilköy Çeşmesi	39
4.3.7. Karacasu Havzasında Akifer Sistemleri	42
4.4. Hidrojeokimyasal Çalışmaları.....	46
4.4.1. Suların Fiziksel Özellikler	46
4.4.2. Suların Kimyasal Özellikleri	46
4.4.2.1. Schoeller diyagramı	49
4.4.2.2. Piper diyagramı.....	51
4.4.2.3. AIH (International Union of Hydrogeologists) classification	53
4.4.2.4. Hidrojeokimyasal süreçler	54
4.5.Doygunluk İndeksi (SI)	56
4.6.Jeotermometre Uygulamaları.....	58
4.6.1. Silika jeotermometreleri	58
4.6.2. Katyon jeotermometreleri	59
4.6.3. Karışım Modeli	60
4.7. Jeotermal Enerji Potansiyel.....	61
4.7.1. Isı kaynağı.....	63
4.7.2. Su Kaynağı (Isı transferi, su sirkülasyonu ve kırılma sağlayan aktif fayların). 63	
4.7.3. Rezervuar kaya	63
4.7.4. Örtük Kaya.....	64
4.7.5. Karacasu Jeotermal modeli.....	65
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	66
5.1. Sonuçlar	66
5.2. Öneriler.....	67
6.KAYNAKLAR	68
EKLER	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
‰	: Binde
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
β	: Beta
B	: Bor
°	: Derece
°C	: Santigrat derece
Ca ⁺⁺	: Kalsiyum
Cl ⁻	: Klor
cm	: Santimetre
F	: Flor
Fe ²⁺	: Demir
3H	: Tridyum
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
HNO ₃	: Nitrik asit

K ⁺	: Potasyum
Km	: Kilometre
Li	: Lityum
Log	: Logaritma
lt/sn	: Litre/saniye
m	: Metre
m ³ /yıl	: Metreküp / yıl
meq/l	: Miliekivalen / litre
Mg ⁺⁺	: Magnezyum
mg/l	: Miligram/litre
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
my	: Milyon yıl
µS/cm	: Mikrosiemens/santimetre
Na ⁺	: Sodyum
NO ₃ ⁻	: Nitrat
P	: Yağış
SiO ₂	: Silisyum dioksit
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
T	: Sıcaklık

Kısaltmalar

B	: Batı
BMG	: Büyük Menderes Grabeni
D	: Doğu
DO	: Çözünmüş oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel iletkenlik
Etp	: Potansiyel buharlaşma-terleme
Etpc	: Düzeltilmiş buharlaşma-terleme
Etr	: Gerçek buharlaşma-terleme
G	: Güney
GD	: Güney doğu
GB	: Güney batı
IAH	: Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
K	: Kuzey
KG	: Karacasu Grabeni
KB	: Kuzey batı
KD	: Kuzey doğu
KF	: Karacasu fayı
MTA	: Maden Tetkik Arama
PH	: Hidrojen iyon konsantrasyonu
TDS	: Toplam çözünmüş katı miktarı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çalışma Alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2. Çalışma alanının hidroğrafi haritası.....	4
Şekil 3.1. Jeoloji çalışmalarından görünüm a) litolojik birimler b) Jeoloji çalışmaları	10
Şekil 3.2. (a) Hidrojeolojik çalışmalar için su örneği alımı (b) pH ölçümü.....	10
Şekil 4.1. Çalışma alanın jeoloji haritası.....	12
Şekil 4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz Açıklan 2005)	13
Şekil 4.3 Yazır Köyü'nün güneybatısında gözlenen düzensiz yapraklanma görünümlü altere şistler	15
Şekil 4.4.Yazır Köyü'nün güneybatısında gözlenen kalsit damarları.....	15
Şekil 4.5. Çamarası güneyinde mostra veren bol kırıklı çatlaklı mermerler	16
Şekil 4.6. Çamarası kuzeydoğusunda mermerler içerisinde gözlenen kalsit damarları	16
Şekil 4.7. Mermerlere ait ince kesit a) kalsit b) fosil	16
Şekil 4.8. Damdere formasyonu ile Karacaören formasyonunun sınır ilişkisi.....	18
Şekil 4.9. Yeşilyurt batısında Karacaören Formasyonuna ait marnlar (a) ve kumlu kireçtaşı seviyeleri (b)	19
Şekil 4.10. Karacaören Formasyonuna ait ince kesit (a) Stromatolit-Marn (b) hayalet yapı- kumlu kireçtaşı.....	19
Şekil 4.11. Karacasu-Karacaören formasyonun sinir ilişkisi Dandalaz mahallesi kuzeybatısında	20
Şekil 4.12. Karacasu formasyonu içerisinde gözlenen paleo akış yönü.....	21
Şekil 4.13. Alüvyon ve Karacasu Fayının görünümü	22
Şekil 4.14. Karacasu fayını oluşturan segmentler (Açıklan vd, 2005).....	23
Şekil 4.15. Kireçtaşlarına ait gül ve kontur diyagramı.....	25
Şekil 4.16. Yazır segemetinde KD eğimli şistlerin görünümü (Yazır köyden güneybatı).....	25
Şekil 4.17. Türkiye İklim Bölgeleri Haritası (http://cografyaharita.com/turkiye_iklim_haritalari.htm)	26
Şekil 4.18. Türkiye yıllık ortalama sıcaklık haritası (https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme)	27
Şekil 4.19. Karacasu (Aydın) Bölgesine ait aylık sıcaklık (°C) değerleri.....	28
Şekil 4.20. Çalışma alanının 2013-2023 arasında aylık sıcaklık grafiği.....	28
Şekil 4.21. Türkiye'nin bölgesel yıllık ortalama yağış miktarının (https://www.mgm.gov.tr) ...	29
Şekil 4.22. Çalışma alanına ait aylık toplam yağış grafiği.....	29
Şekil 4.23.Yağış-buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (2024 yılı).....	31
Şekil 4.24. Yağış-buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (2013-2023 yılları arası).....	31
Şekil 4.25. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası.....	34
Şekil 4.26.İnceleme alanının hidrojeolojik dikey kesiti (Ölçeksiz)	35
Şekil 4.27. Atakköy sondaj 1 ve Atakköy sondaj 2	37
Şekil 4.28. Yeşilyurt Sondaj Güzelbeyli sondaj Geyre Sondaj.....	38
Şekil 4.29. Güzelbeyli Kaynağı, Yeşilköy Kaynağı, Atakköy Kaynağı, Yeşilköy Çeşmesi	40
Şekil 4.30. Su örnekleme toplanmış noktaları	41
Şekil 4.31. Su noktaları ve kesit doğrultuları (A-B ve C-D).....	44
Şekil 4.32. AB üzerinden geçen kesiti kuyular	45
Şekil 4.33. CD kesiti ve kuyular	45
Şekil 4.34. Çalışma alanında yer alan sıcak su kaynakları Schoeller diyagramı	49
Şekil 4.35. Çalışma alanında yer alan sıcak su sondajları Schoeller diyagramı	50
Şekil 4.36. Çalışma alanında yer alan soğuk su sondajları Schoeller diyagramı	50
Şekil 4.37. Sıcak sular Piper diyagramı	52
Şekil 4.38. Soğuk sular Piper diyagramı	53
Şekil 4.39. Soğuk sular Piper diyagramı	55
Şekil 4.40. Çalışma alanının suların Gibbs diyagramı	55
Şekil 4.41. Çalışma alanındaki sıcak sulara ait minerallerin doygunluk grafiği.....	57
Şekil 4.42. Çalışma alanındaki soğuk sulara ait minerallerin doygunluk grafiği.....	57

Şekil 4.43. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların Na-K-Mg üçgen.....	60
Şekil 4.44. Sıcak suların silis karışım modeline-entalpi-silis diyagramı	61
Şekil 4.45. İnceleme alanındaki eğriler kesişmemektedir sıcak sudan bahar ayrılması gösteriyor	61
Şekil 4.46. Türkiye’deki ana tektonik hatlar ve sıcak suların dağılımı (Şimşek 2005)	62
Şekil 4.47. Karacasu Jeotermal modeli	65

ÇİZELGELERİ LİSTESİ

Çizelge 4.1. Karacasu (Aydın) Bölgesine ait aylık sıcaklık değerleri (°C).....	27
Çizelge 4.2. Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)	29
Çizelge 4.3. Çalışma alanının 2024 yılı denetirmeli nem bilançosu (Thornhwaite 1948)	30
Çizelge 4.4. Çalışma alanının 2013-2023 yılı denetirmeli nem bilançosu (Thornhwaite 1948).....	31
Çizelge 4.5. Çalışma alandaki örnek noktalarına ait veriler	41
Çizelge 4.6. Graben içinde açılan derin sondaj kuyularına ait veriler	42
Çizelge 4.7. Graben içinde sondaj kuyularına ait statik seviyesi	45
Çizelge 4.8. Soğuk sondajların fiziksel parametreleri.....	47
Çizelge 4.9. Sıcak sondajların fiziksel parametreleri.....	47
Çizelge 4.10. Sıcak kaynakları fiziksel parametreleri.....	47
Çizelge 4.11. Soğuk sondajların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l).....	48
Çizelge 4.12. Sıcak sondajların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l)	48
Çizelge 4.13. Sıcak sondajların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l)	48
Çizelge 4.14. Çalışma alanındaki sıcak suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l)	51
Çizelge 4.15. Çalışma alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l).....	51
Çizelge 4.16. Çalışma alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l).....	51
Çizelge 4.17. İnceleme alanındaki sıcak suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l)	52
Çizelge 4.18. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l)	53
Çizelge 4.19. Çalışma alanındaki sıcak sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri.....	57
Çizelge 4.20. Çalışma alanındaki soğuk sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri	57
Çizelge 4.21. Jeotermometreleri kullanılarak hesaplanabilir	58
Çizelge 4.22. İnceleme alanındaki sıcak sulara ait jeotermometre sonuçları.....	59

1.GİRİŞ

Yüksek Lisans Tezi kapsamında hazırlanan bu çalışmada Aydın İli'nde Büyük Menderes Grabeni sınırları içerisinde yer alan Karacasu bölgesinin jeotermal potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bölümde çalışma alanının tanıtılması ve çalışmanın amacı ile ilgili bilgiler verilmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Türkiye’de jeotermal potansiyelin önemli bir bölümü, genç tektonik hareketlerin ve buna bağlı olarak aktif hale geçen volkanizmanın yaygın olduğu Ege bölgesinde bulunmaktadır. Genç tektonik olaylar grabenlerin oluşmasına neden olmuştur. Yüksek Lisans Tezi kapsamında yürütülen bu çalışmada, Aydın İli'nde Büyük Menderes Grabeni sınırları içerisinde yer alan Karacasu bölgesinin jeotermal potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bölgede yapılan çalışmalarda Karacasu (Aydın) bölgesinin jeotermal potansiyelini içeren çalışmalar oldukça azdır. Bu nedenle Tez kapsamında yapılan çalışmalar bölge açısından oldukça önem taşımaktadır.

Bu araştırmanın bulguları sonucunda Karacasu (Aydın) bölgesindeki jeotermal potansiyelin ortaya konulması gelecekteki arama ve geliştirme çalışmaları için bilimsel bir altlık oluşturacaktır. Türkiye'deki yenilenebilir jeotermal kaynakların belirlenmesi ve kullanılmasına yönelik daha geniş kapsamlı çalışmalara önderlik edecektir

1.2.Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Aydın ilinin yaklaşık 70 km güneydoğusunda, Karacasu çevresinde olup 110 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). 1/25000 ölçekli topografik haritanın Denizli M21d2 paftaları içerisinde yer almaktadır (Ek-1) (MTA, 1996).

1.2.1.Morfoloji

Aydın ilinin Karacasu merkezi bir konumda olup, çalışma alanının ortasından geçen asfalt yol ile doğuda Geyre-Kızılcabölük üzerinden Tavas-Denizli'ye; kuzeyde ise Kuyucak-Aydın'a bağlanmaktadır.

Çalışma alanı Karacasu (Aydın) ilçesinin güneyinde yer almaktadır. Alanın güneybatısı yükseltilerden, kuzeyi ve doğusu ise düzlüklerden oluşmaktadır. Alandaki yükseltiler

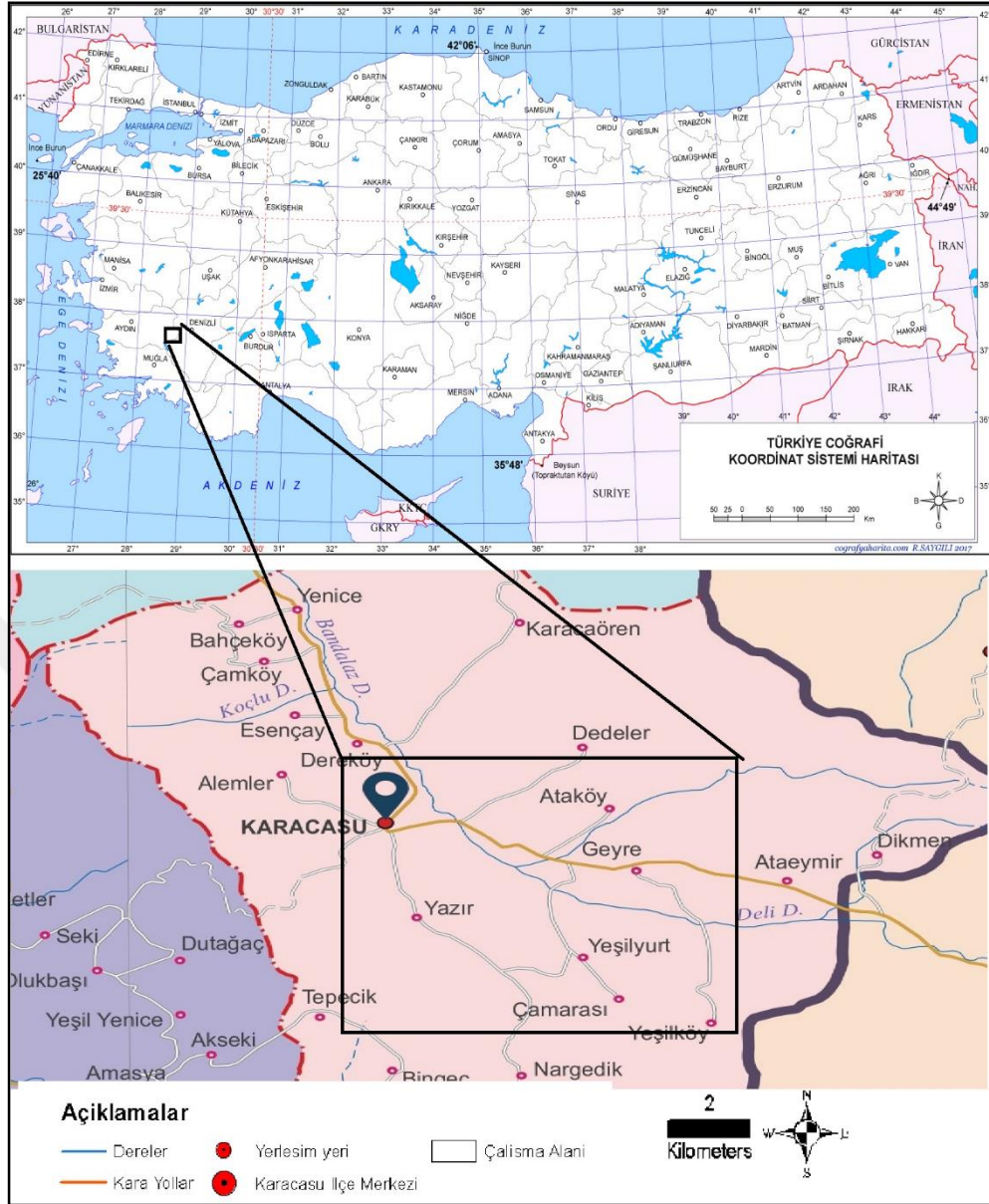
kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmakta olup batı ve güneybatıya doğru yoğunlaşmaktadır.

Çalışma alanının en yüksek noktası Tekke Tepe (1399 m) dir. Diğer tepeler ise Irgat Kaya Tepe (1356 m), Yatak Dağı Tepe (1334 m), Çınakkaya Tepe (1242 m), Küçükyatak Tepe (1063 m), İğdinlik Tepe (1089 m), Küçükeldiven Tepe (1049 m), Sarnıç yarığı Tepe (1012 m), Domuz Gölü Tepe (1010 m), Göz Tepe (938 m), Gavureni Tepe (970 m), Ardiçi Tepe (863 m), Yaranaçam Tepe (849 m), Uzgurbelen Tepe (845 m), Çiftlikyeri Tepe (841 m), Çatal Tepe (704 m), Hançam Tepe (775 m), Aktepe (779 m), Ümmüolen Tepe (741 m), Kirçi Tepe (727 m), Akbelen Tepe, Alimelengeç Tepe,

Kağızma Tepe Kızılçağıl Tepe, Valgar Tepe (643 m), Hacıumar Tepe (741 m), Yarandede Tepe (764 m), Ayvacılı Tepe (679 m), Gök Tepe (628 m), Çatal Tepe (704m), Asar Tepe, Altın Tepe (429 m), Uskabıkaç Tepe, Koça Tepe (654 m), Armutlu Tepe (519 m), Yer Tepe, Kırılık Tepe (441 m), Kenker Tepe, Ahartaşı Tepe, Tahtalı Tepe. Bu yüksek rakımlı tepeler nedeniyle arazi sarp ve kayalık bir topografyaya sahiptir.. Bu tepeler arasında derin vadilerin bulunması ulaşımında ve çalışmalarda yer yer zorluklar yaratabilmektedir. Morfolojik olarak en yüksek nokta Tekke Tepe Yazır yerleşiminin güneybatısında 1399 m yükseklikte yer alırken, en düşük alanlar ise Güzeybeyli köyü çevresinde ve çalışma alanın orta kısımlarda gözlenmektedir.

1.2.2.Hidrografi

Çalışma alanında akarsular morfolojik yapıya uyumlu olarak dentritik, ışınsal drenaj ağı oluşturmuşlardır. Alanın Doğu ve batısında bulunan yükseltiler ve grabenler drenaj havzasını sınırlamaktadır. Çalışma alanındaki en önemli akarsu Dandalas deredir. Dandalas dere inceleme alanının ortasında güney doğudan kuzey batıya doğru akmakta olup yaz ve kış aylarında su bulundur devamlı akan aktif olan tek deredir. İnceleme alanındaki kaynakların oluşturduğu mevsimlik dereler Dandalas çayını beslemektedir. Karacasu yerleşim biriminin yaklaşık 2 km kuzeybatısında Düdenbaşı mahallesi yakınlarında alanı terk ederek graben eksenini boyunca kuzeye doğru akar ve sonunda Büyük Menderes Grabeni 'ne katılarak Büyük Menderes Nehri ile birleşir. Graben sistemi, bölgedeki yüzey suyu akışının yönlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Şekil 1.2).

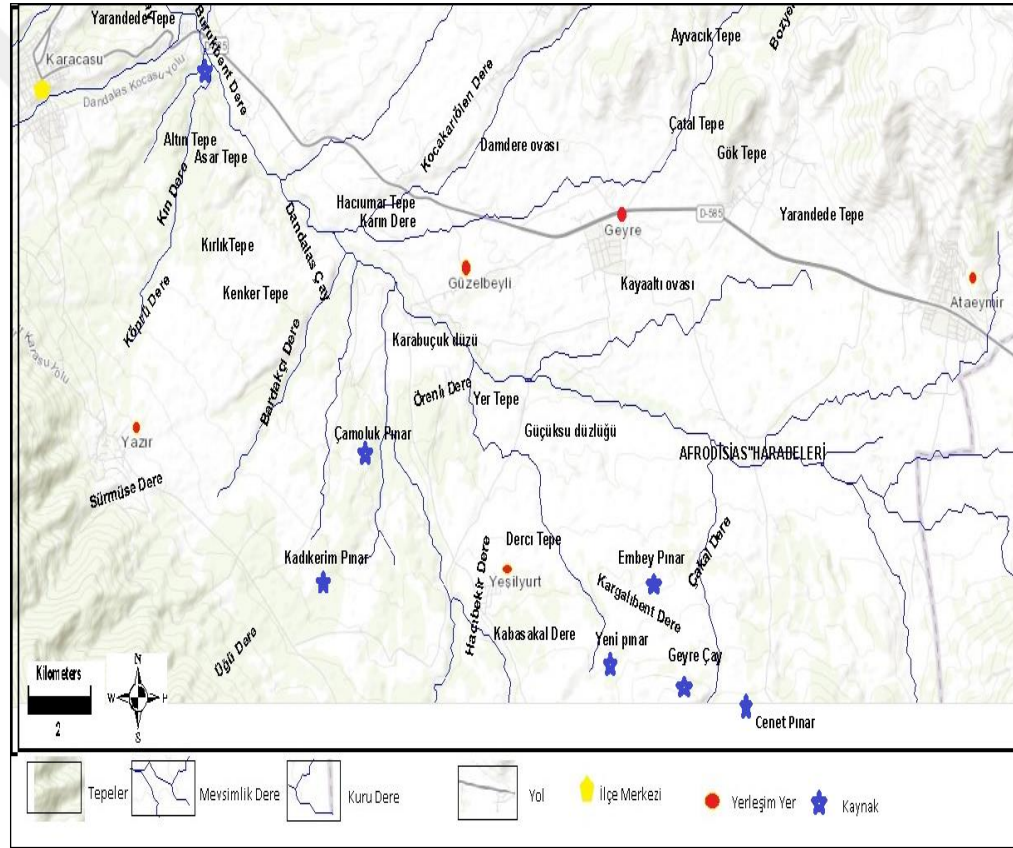


Şekil 0.1. Çalışma Alanının yer buldurur haritası

Çalışma alanındaki akarsuların çoğu mevsimlik olup, iklimsel ve hidrolojik koşullar nedeniyle yaz aylarında kurumakta, yağışlı mevsimlerde kaynakların boşalımına bağlı olarak aktif hale geçmektedir.

Çalışma alanı içerisindeki dereler ise Burakbent Deresi, Arapölü Deresi, Gökçam Deresi, Akyar Deresi, Işıklar Deresi, Bözyer Deresi, Derin Dere, Derince Deresi, Örenli Deresi, Çamoluk Deresi, Kar Deresi, Bardakçı Deresi, Sansu Deresi, Karacaoluk Deresi, Karanlık Dere, Köprü Deresi, Ugu Deresi, Kadıkerin Deresi, Uçuluk Deresi, , Taştan Deresi, Hacıbekir Deresi, , Çakal Deresi, Geyre Deresi, Cennet Deresi, Arabın Deresi, Kışikkaya Deresi, Subaşıbenti Deresi, Koçakbent Deresi, İnyani Deresi, Valgar Deresi, Samanlı Deresi, Hacımusaölen Deresi, Delikidik Deresi, Gülsanhastalan Deresi,

Akmişölen Deresi, Yazlak Deresi, Yalabıközü Deresi, Ay Deresi, Maden Deresi, Yaremçam Deresi, Döşeme Deresi, Gökgöçelen Deresi, Aliölen Deresi, Çeşme Deresi, Taşlı Dere, Elmayanı Deresi, Köççapı Deresi, Çatak Deresi, Sazak Deresi, Çingilek Deresi, Büdeserten Deresi, Arapölen Deresi, Sarlan Deresi, Kızılmeşe Deresi, Karataş Deresi, Sarıgeç Deresi, Payamlı Deresi, Çivgınlı Deresi, Karataşgöl Deresi, Köççe Köy deresidir. İnceleme alanındaki kaynaklar ise Peştamal Kaynağı Kabasakalı Kaynağı Balca Kaynağı Yavanoluk Kaynağı Yeni Pınar, Embey Pınar Cennet pınarı Çamoluk Pınarı. Yaran Pınarı. Kadıkerim pınar Hırı pınar Karaçoluk pınar Taşoluk pınar Balca pınar Yavanoluk pınar Yarma Pınardır.



Şekil 0.2. Çalışma alanının hidrografi haritası

2.KAYNAK ARAŞTIRMA

Karacasu Grabeni, özellikle tektonik evrimi ile ilgili olarak kapsamlı jeolojik araştırmalara konu olmuştur. Çok sayıda çalışmaya rağmen, grabenin bugünkü yapısını şekillendiren ayrıntılı tektonik-sedimenter süreçler ve kesin kronoloji konusunda belirsizlikler devam etmektedir. Bu çalışmalar jeotermal potansiyeli belirlemede önem arz etmektedir.

Nebert (1955), Bozdoğan ve Karacasu Grabenleri içindeki Neojen sedimenter dizileri ilk tanımlayanlar arasında yer almış ve Karacasu Grabenini eski bir körfezi olarak yorumlamıştır. Geyre yakınlarındaki havza dolgusunun en derin kısımlarını tanımlamış ve kırıntılı çökellerde yatay ve dikey fasiyes değişiklikleri ile karakterize edilen bir stratigrafik ardışıklığı tanımlamıştır. Sedimanlar, kireçtaşı ve marndan kumlu fasiyeslere yanal geçişler içermektedir ve ostrakod topluluklarına dayalı olarak bu gölsel çökellere Pliyosen yaşı atanmıştır. Ayrıca, Neojen seri uyumsuz olarak örten Kuvaterner blok molozunun varlığını da ortaya koymuştur.

Ersoy (1957), Geyre Ovası'nda su teminini iyileştirmek amacıyla hidrojeolojik araştırmalar yapmıştır. Geyre'nin güneyinde 130 metrelik bir kuyudan elde edilen sondaj verileri Neojen ve Kuvaterner birimlerini ortaya çıkarmış, ancak metamorfik tabana ulaşmamış ve havza dolgusunun kalınlığını ve karmaşıklığını vurgulamıştır.

Kastelli (1971) Denizli, Sarayköy, Çubukdağ ve Karacasu bölgelerinde ayrıntılı stratigrafik ve jeolojik haritalama yapmıştır. Erken Pliyosen birimleri ile metamorfik taban arasında uyumsuz bir temas olduğunu ve bunu Üst Pliyosen çökellerinin uyumsuz bir dizisinin izlediğini belgelemiştir. Alt Pliyosen tabakalarını üç üyeye ayırmıştır: marn-kil ara katmanlı bazal kırmızı konglomeralar ve kumtaşları; açık renkli kireçtaşları ve marnlardan oluşan bir orta bölüm ve kumtaşı ve marnın hakim olduğu bir üst birim. Açısal uyumsuzluğu vurgulamış ve ostrakod bazlı yaş belirlemeleriyle desteklenen 3-15°'lik eğimler gözlemlemiştir.

Şimşek ve Yılmaz (1977), Nazilli-Kuyucak-Yenice bölgesindeki jeotermal çalışmalarında Kastelli'ye (1971) benzer bir stratigrafi saptamış ve faylarla sınırlanmış havzalar içinde kömür içeren Alt Pliyosen birimleri rapor etmişlerdir. Karacasu Grabeni'nde, metamorfik tabanı örten, batıya doğru dalmış konglomeralarla başlayan ve yukarıya doğru kireçtaşları ve kilaşlarına geçiş yapan daha ince bir ardalanma

gözlemlemişlerdir. Yapısal analizleri, Karacasu Grabeni'nin büyük faylarla sınırlandığını ve komşu Büyük Menderes Grabeni'nden tektonik olarak daha genç olduğunu ortaya koymuştur.

Angelier ve ark. (1981), fay-kayma ve gerilme analizi yoluyla Güneybatı Anadolu için neotektonik bir çerçeve oluşturmuşlardır. Miyosen'den Pliyosen-Kuvaterner sınırına kadar üç büyük sıkışma evresi tanımlamışlar ve bunları bölgesel gerilme rejimleriyle ilişkilendirmişlerdir. K-G uzanımlı gerilmelerin Geç Miyosen-Erken Pliyosen sırasında Karacasu Grabeni de dahil olmak üzere Güneybatı Anadolu grabenlerinin oluşumunu başlattığı sonucuna varmışlardır.

Yıldız ve ark. (1986), Karacasu ve Büyük Menderes Grabenleri boyunca Schlumberger dizisini kullanarak dikey elektrik sondajı (VES) uygulamıştır. Elde ettikleri sonuçlar, Neojen temel topografyasını tanımlamış ve en kalın sediman birikimlerinin graben eksenini takip ettiğini ortaya koymuştur. Çalışmada, Dandalas Fayı'nın varlığını doğrulamış ve özellikle güney sınır fayları aracılığıyla iki graben arasındaki yapısal bağlantıyı göstermiştir.

Şengör (1987), graben gelişimi için üç kavramsal model önermiştir: bir ana ayrılma fayı boyunca dik yırtılmaları içeren irrotasyonel model; blokların dikey eksenler etrafında döndüğü rotasyonel model ve her iki süreci birleştiren hibrit bir model. Bu modelleri, Karacasu Grabeni de dahil olmak üzere bölgedeki horst ve graben sistemlerinin karmaşıklığını açıklamak için kullanmıştır.

Dağ (1990), Karacasu Grabeni'ndeki Pliyosen birimlerinin üç parçalı olduğunu ve jips ve dolomit gibi evaporitler içeren marn zengin seri tarafından örtülen bazal konglomeralar ile karakterize edildiğini gözlemlemiştir. Sedimanlar kurak, gölsel ortamlarda çökelmiştir ve yoğun yapısal aktiviteyi yansıtan hem büyük hem de küçük faylarla dengelenmiştir.

Paton (1992), Gediz, Büyük Menderes ve Kerme Körfezi grabenleri üzerinde karşılaştırmalı yapısal çalışmalar yapmış, asimetrik geometrilerine ve parçalı fay sistemlerine dikkat çekmiştir. Havza sınırlayıcı faylar ile grabenlerin morfolojisini toplu olarak kontrol eden havza içi faylar arasında ayırım yapmıştır. Neojen seri kama geometrileri ve intraformasyonel uyumsuzluklarla işaretlenen sin-tektomatik sedimantasyonu tanımlamıştır.

Yanmaz (1996) Salavatlı yakınlarındaki jeotermal aramalarda yüksek çözünürlüklü sismik yansıma yöntemini kullanmıştır. Sonuçlar teknik kısıtlamalarla sınırlı olmasına rağmen, çalışmada çatlaklı Neojen tabakalarının varlığını doğrulamış ve jeotermal sıvı akış yolları için potansiyeli vurgulamıştır.

Mutlu ve Güleç (1998), Menderes Masifi'ndeki jeotermal sistem gelişiminde aktif tektonizmanın rolünü vurgulamıştır. Mezozoik öncesi metamorfik kayalar (mermer, gnays, kuvarsit) anahtar jeotermal rezervuarlar kayalar olarak tanımlamışlardır.

Koçyiğit ve diğerleri (1999), Gediz Grabeni üzerinde yaptıkları çalışmada, bir uyumsuzlukla ayrılmış iki ayrı tortul dolgu -Miyosen-Alt Pliyosen ve Pliyo-Kuvaterner- tanımlamışlardır. Bunu, Erken Pliyosen sonrası Anadolu levhasının orojenik geri çekilmesi ve batıya doğru kaçışı ile bağlantılı iki aşamalı bir genişleme geçmişine bağlamışlardır.

Bozkurt (2000), Büyük Menderes Grabeni içindeki neotektonik sınırları yeniden tanımlamıştır. Miyosen kömür içeren kırmızı klastikler ile üstteki Pliyo-Pleistosen teras çökelleri arasında ayırım yapmıştır. İkincisinin, orojenik çökmeden ziyade tektonik kaçışın hâkim olduğu bir rejim altında oluşan ana graben dolgusunu temsil ettiğini savunmuştur.

Yılmaz ve diğerleri (2000), Erken Miyosen K-G transtansiyonu sırasında D-B eğilimli grabenlerin geliştiğini öne sürmüştür. Geç Miyosen, tektonik durgunluk ve yaygın aşınma ile karakterize edilmiş, bunu Pliyo-Kuvaterner'de yenilenen K-G uzanımı izlemiş ve mevcut yapısal görünüş yol açmıştır.

Karamenderesi (2001) jeotermal aktivitenin Büyük Menderes Vadisi'ndeki yüzey sularını kirlettiği iddialarına karşı çıkmış, bunun yerine doğal jeokimyasal evrimi savunmuştur.

Gemici ve Tarcan (2002) jeotermal sulardaki bor zenginleşmesinin kökenini araştırmıştır. Yüksek B içeriğini Menderes Masifi metamorfiklerindeki serisit, illit ve turmalin içeren su-kayaç etkileşimlerine bağlamışlardır.

Şahin (2002), jeotermal yeraltını modellemek ve arama potansiyeli olan alanları belirlemek için Aydın-Germencik'te 120 km²'lik jeofizik öz direnç araştırmalarını kullanmıştır.

Karamanderesi ve Helvacı (2003), Menderes Masifi'ndeki hidrotermal alterasyon süreçlerini karmaşık tektonik geçmişine bağlamıştır.

Şimşek (2003), Kızıldere ve Germencik gibi alanlarda yüksek jeotermal akışkan sıcaklıkları ile $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri arasında derin akışkan dolaşımına işaret eden pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir.

Seyitoğlu ve ark (2004) Menderes Masifi'nin iki yüzeyleme evresini tanımlamıştır. İlk Oligosen-Erken Miyosen'de Kale-Datça Fay Zonu boyunca meydana gelmiştir; Pliyo-Kuvaterner'deki ikincisi ise yüksek açılı normal fayların ve yarı grabenlerin gelişmesine yol açmıştır.

Kaymakçı (2005), Denizli Havzası'nda paleostres analizi kullanarak Geç Miyosen'den günümüze kadar KB-GD ve KD-GB yönlü uzanımı göstermiş, traverten kırıkları, GPS hızları ve odak mekanizmaları ile desteklemiştir.

Göçmez ve ark. (2005), Çalışmalarında Konya ili civarındaki sıcak suları fizikokimyasal açıdan incelemiştir. Çalışmada Karapınar-Eregli çevresindeki kaynakların sıcaklıklarının 17 – 26,6 °C, debilerinin 0,5 – 2.5 lt/sn ve toplam mineralizasyonlarının ise 5210-35450 mg/l arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Burçak (2009), Acıgöl jeotermal sisteminin jeolojisini ve hidrojeokimyasını inceleyerek rezervuar özelliklerini ve yeraltı koşullarının izotopik göstergelerini tanımlamıştır.

Karakuş (2010) Büyük Menderes Grabeni boyunca izotop jeokimyası uygulamış ve termal kaynakların çoğunun Na-HCO_3 tipi olduğunu, bunun da derin sıvı dolaşımını ve kabuksal kayalarla etkileşimi desteklediğini bulmuştur.

Kasımoğlu (2016), Ömerbeyli'ye batıya doğru Na-Cl tipi sulara jeokimyasal bir kayma gözlemlemiş ve bunun muhtemelen denizel intrüzyonlardan etkilendiğini belirtmiştir. Sülfat konsantrasyonları sistematik bir mekânsal değişim göstermiştir.

Kurt (2019) uzaktan algılama yöntemini kullanarak Karacasu'daki demir oksit değişimlerini haritalamış ve hidrotermal aktivite ile ilişkili olabilecek ikincil mineralizasyonun yüzey ifadelerini tanımlamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Karacasu (Aydın) çevresinde gerçekleştirilen bu Yüksek Lisans Tez çalışması, Ön çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir

3.1. Ön çalışmaları

Arazi çalışmalarından önce literatür çalışmaları yapılarak Aydın ili, Menderes Grabeni çevresi ve Karacasu Sahasında daha önce yapılan çalışmalar, yüksek lisans ve doktora tezleri, yayınlar, makaleler, projeler, kurum ve kuruluşlar tarafından hazırlanan raporlar derlenmiş ve incelenmiştir.

Elde edilen verilerle saha çalışmaları planlanmış, örnek alınacak su noktaları belirlenmiş ve bu çalışmalarda kullanılacak örnek kapları ve yerinde ölçüm yapılacak pH metre , Kondüktimetre (EC) sıcaklık (T °C) ve TDS ölçümü için cihazlar temin edilip kalibreleri yapılmıştır.

3.2. Arazi Çalışmaları

Jeoloji çalışmaları ve hidrojeoloji çalışmaları olmak üzere 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Hidrojeolojik ve jeolojik çalışmalar kapsamında yerinde ölçümler için Spark tipi GPS, pusula, elektrikli nivo, pH metre, EC metre, bir termometre, kalibre edilerek kullanılmıştır. Ayrıca örnekleme çalışmaları için örnek kapları, etiketler ve kuyu haritaları hazırlanmıştır.

Jeolojik çalışmalarda yaklaşık 110 km²'lik bir alanın jeoloji haritası hazırlanmıştır. Jeoloji haritası hazırlanırken MTA (2024) tarafından hazırlanan haritadan yararlanılarak jeoloji çalışmaları sırasında gerekli değişiklikler yapılarak düzenlenmiştir (Şekil 3.1). Çalışma alanındaki litolojik birimler belirlenmiş, formasyon sınırları çizilmiş ve stratigrafik kesiti oluşturulmuştur. Birimlerin litostratigrafik özellikleri dikkate alınarak alanın genelleştirilmiş kesitleri hazırlanmıştır. Birimlerin tabaka konumları Brunton pusulası kullanılarak ölçülmüştür. Tabaka konumları faylar ve kırıkların saha ölçümleri ile belirlenmiştir. Çalışma alanından kayaç örnekleri alınmış belirlenen yönlerde jeoloji kesitler hazırlanmıştır. Petrografik çalışmalar için kayaç örnekleri sistematik olarak toplanmış ince kesitleri Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesit laboratuvarında yaptırılmıştır.

Hidrojeoloji çalışmalarında çalışma alanındaki tüm su noktaları 1/25000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde işaretlenmiştir. Çalışma alanı içerisindeki tüm sulardan örnekleme yapılmıştır. Fiziksel parametreler, pH, T, EC TDS ölçümleri su noktalarında yerinde yapılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Jeoloji çalışmalarından görünüm a) litolojik birimler b) Jeoloji çalışmaları



Şekil 3.2. (a) Hidrojeolojik çalışmalar için su örneği alımı (b) pH ölçümü

Çalışma alanına belirlenen su noktalarının (kaynak, çeşme, sığ soğuk su kuyusu, derin soğuk su kuyusu ve derin sıcak su) koordinatları Magellan explorer 310 marka GPS ile belirlenip topoğrafik harita üzerine işaretlenmiştir. Çalışma alanından belirlenen noktalardan toplam 10 adet su örneği alınmıştır. Suların sıcaklık ($T^{\circ}\text{C}$), özgül elektriksel iletkenlik (EC), hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) ve çözünmüş oksijen (DO) ölçümleri arazide yerinde yapılmıştır. Su örnekleri 500 ml lik örnek kaplarına alınmıştır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanında derlenen su örneklerinin fiziko-kimyasal analizleri Envirolab Ölçüm ve Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır. Örneklerde başlıca katyonlar (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+}), anyonlar (HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , F^{-} , NO_3^{-}), silika (SiO_2) ve iz elementler (I, As, B Fe), toplam çözünmüş katı madde (TDS) konsantrasyonları ölçülmüştür elde edilen değerler APHA, ASTM SM EPA 'nın kriterlerine göre yorumlanmıştır.

Çalışma alanının jeolojisini aydınlatmak için, kayaçların mineralojisi, dokusu ve yapısının yanı sıra birincil ve ikincil mineraller ile hidrotermal alterasyon minerallerini ve diğer özellikler anlamak amacıyla Petrografik analizi Konya teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kesit Laboratuvarında yaptırılmıştır.

3.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları sırasında Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü'nden (DMI) temin edilen Karacasu bölgesinin iklim verileri kullanılarak bilgisayar programları yardımıyla sıcaklık, yağış, buharlaşma ve terleme (Su blançosu) tablo ve grafikleri çizilmiştir.

Çalışma alanındaki suyun fizikokimyasal analiz sonuçları bilgisayar programları yardımıyla diyagramları çizilip yorumlanmıştır. Ayrıca akışkanların çözünme ve çökme özellikleri, yeraltında gelişen hidrokimyasal süreçler ve bunların hidrokimyasal fasiyesleri yorumlanmıştır.

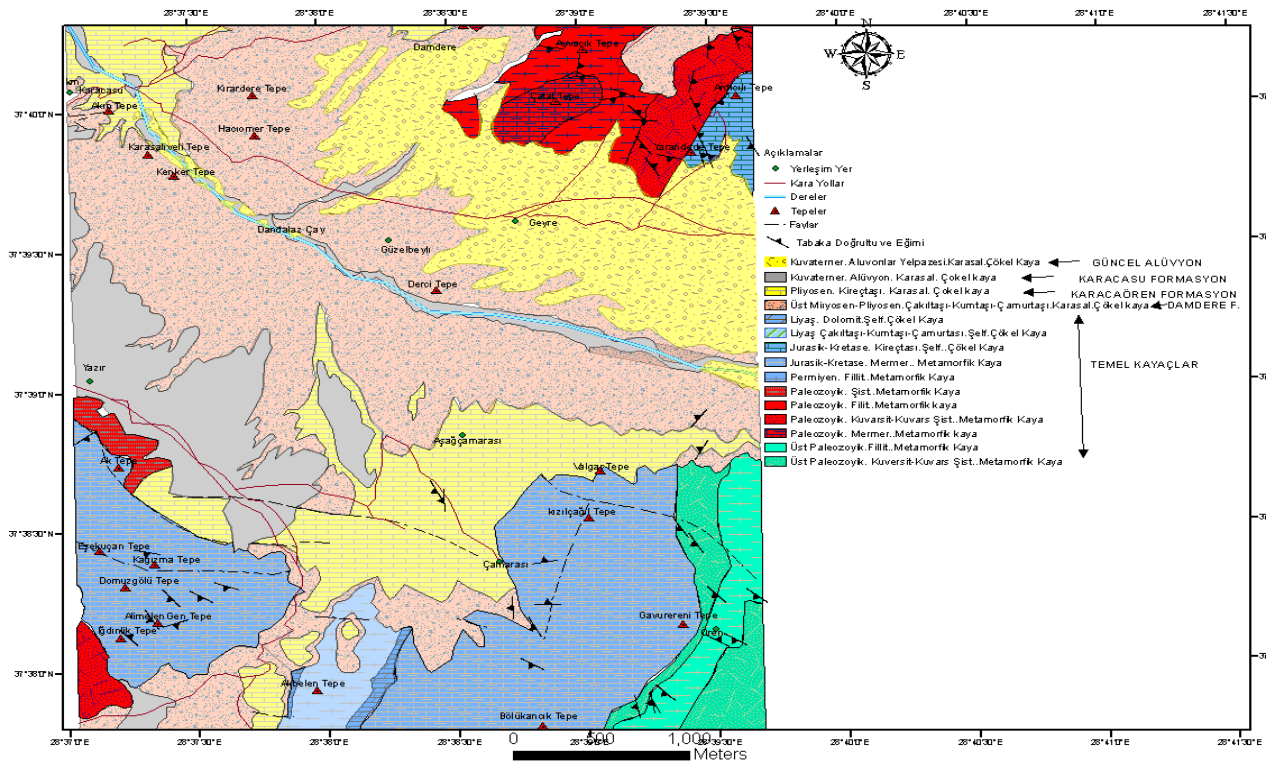
Tez yazım aşamasında jeoloji haritası ArcGIS 10.8 ve CorelDRAW x 7 yardımıyla çizilmiştir. Su kimyası analizlerinden elde edilen veriler, AquaChem 13 ,Excel programı PhreeqCi (versiyon 2) (Parkhurst ve Appelo, 1999) bilgisayar programları ve kullanılarak sular yorumlanmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Jeoloji-Stratigrafi

Çalışma alanında birçok araştırmacı jeoloji, stratigrafi, tektonik araştırmalar yapmışlardır. Nebert (1955) “Bozdoğan ve Karacasu'da Genç Neojen Körfezleri” başlıklı MTA raporunda “Pliyosen” ve “Pliyo-Kuvaterner” olarak adlandırılan iki kronostratigrafik birim tanımlamıştır. Kastelli (1972) ise litostratigrafik olarak Pliyosen ve onun içinde her biri ayrı bir kayaç türü topluluğu ile tanımlanan (P11, P12, P13 ve P14) ve Kuvaterner olmak üzere iki ana birim ayırt etmiştir. Ocakoğlu (2005) ve Açıkalın (2005), resmi litostratigrafik isimlendirme açısından yeni çalışmalar yapmışlardır.

Çalışma alanının temel kayaçları çoğunlukla metamorfikler oluşturur ve doğuda sınırlı bölgelerde ofiyolitler gözlenir ve bu birimler birbirlerinden uyumsuzlukla ayrılan iki tortul istif tarafından örtülür (Açıkalın, 2005). Alttaki istif olan Dandalas grubu, Açıkalın (2005) tarafından farklı kaya topluluklarından oluşan iki litostratigrafik birime ayrılmıştır. Taban kayaçları üzerinde karasal çökellerle başlayan grup Damdere formasyonudur; yukarıya doğru görsel özellikler sunan Karacaören formasyonuna geçer. Dandalas grubu, kaba kırıntılı çökellerden oluşan Karacasu formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Bölgedeki birimler yer yer güncel alüvyonlarla örtülür (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGİ	KALINLIK	LİTOLOJİ	ACIKLAMALAR
SİNOZOYİK	NEOJEN	Kuvaterner	Güncel Alüvyon	Qal	35 m		Alüvyal yelpaze, akarsu yatak ve taşkın çökellerinden oluşan güncel alüvyonla
		Pliyo-Kuvaterner	Karacasu	Qalk	190 m		Acısal uyumsuzluk Sarımsı, kırmızımsı renkli, gevşek/yarı tıksız, kumtaşı, çamurtaşı, çakıllı kumtaşı, çakıllı çamurtaşı ve çakıltaşından oluştuğu belirtilmiş, istifi alt kesimlerinde paleo-toprak seviyeleri ve kalıcı yumruları, çakıllı ve kumlu seviyelerde ise çapraz tabakalanmalar gözlemlendiği ifade edilmiştir
		Miyo-Pliyosen	Karacaören	Tmk	60		Gölsel karakterler, fosilli gri/beyaz çamurtaşı, mam, kireçtaşı ve ender olarak kumtaşı ardalanmasından oluştuğunu, birim içinde özsekilli jips kristalleri içeren seviyelerin
			Damdamer	Tmd	-		Uyumsuzluk Karasal kırıntılardan, konglomera-gre-mam karmaşığı, çakıltaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve çakıllı çamurtaşı ardalanmasından
		Jura-Kretase	Mermer	JKt	-		(TEMEL KAYAÇLAR) Gneys, sist, kuvarsit ve mermerler, mikaşistler ve gneyslar içinde arabantlar halindedir, altere ultramafiklerden oluşan birimin tamamen serpantinleşmiştir
			Kireçtaşı		-		
		PALEOZOYİK	Fililit	Pzt	-		
			Fililit		-		
			Şist		-		
			Kuversit		-		
			Mermer		-		
			Fililit		-		
			Kuversit		-		

Şekil 4.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (ölçeksiz Açıklalın 2005)

4.1.1. Temel Kayaçlar

4.1.1.1. Metamorfik Kayaçlar (Pzt)

Çalışma alanında metamorfik temel olarak birbirine yanal ve düşey geçişler gösteren gnays, şist, kuvarsit ve mermerler (Şimşek ve Yılmaz 1977), alanın güney ve doğusunda ise metasedimenter kayaçlar bulunur. Menderes metamorfiklerinin en yaşlı kayaçları olarak kabul edilen ve metamorfik çekirdeği oluşturan gnayslar çalışma alanında gözlenmemektedir. Gnayslarda genellikle mika yoğundur ve bazı kısımları gözlü gnays olarak tanımlanmıştır (Nebert 1955, Kastelli 1971). Bölgede en yaygın bulunan metamorfik birim olan şistler, Açıklın (2005) tarafından granat içermekte olup şistlerin çoğunlukla mikaşist karakterde olduğu belirtilmiştir. Yazır köyün güneybatısında şistlerde yapraklanma ve yer yer alterasyon gözlenmiştir (Şekil 4.3). Metamorfik kayaçların bir diğer grubu olan Üst Paleozoyik yaşlı kuvaristler mikaşistler içerisinde seyrek ara bantlar şeklinde yer almaktadırlar (Şekil 4.4). Geniş yayılımdan ziyade küçük mostralalar halinde görülürler ve çoğunlukla tabakalanma gösterirler. Mermerler çoğunlukla sarımsı beyaz renkte ve sert olup yer yer kalkışist görünümündedir (Kastelli,1971) ve (MTA,2024). Bölgede bulunan metamorfik kayaçların yaşları Prekambriyen'den Kretase'ye kadar değişmektedir. Sahanın kuzeydoğusundaki Çatal tepe ve Ahartaş tepe, Jura-Kretase mermerlerinin koyu renkli ve mika pullu olduğunu ve mika yaygın olarak gözlenmektedir. Görünüm olarak, bantlar arası ve kademeli geçişler nedeniyle mermerlerde sınır kesin gözlenmemektedir. Çamarası Köyün batıda koyu renkli mermer kristalize olup Kızılçağı tepe ve Gavurereni tepe ile Aktepe'den Iğındınık tepe'ye kadar uzanırlar (Şekil 4.5 ve 4.6). Çamarası mermerinden yaptırılan ince kesitlere göre kayaç genel olarak kristalize özellikte kalsit %96-100, kuvars %2-3, plajiolaz ve muskovit den oluşmaktadır (Şekil 4.7).



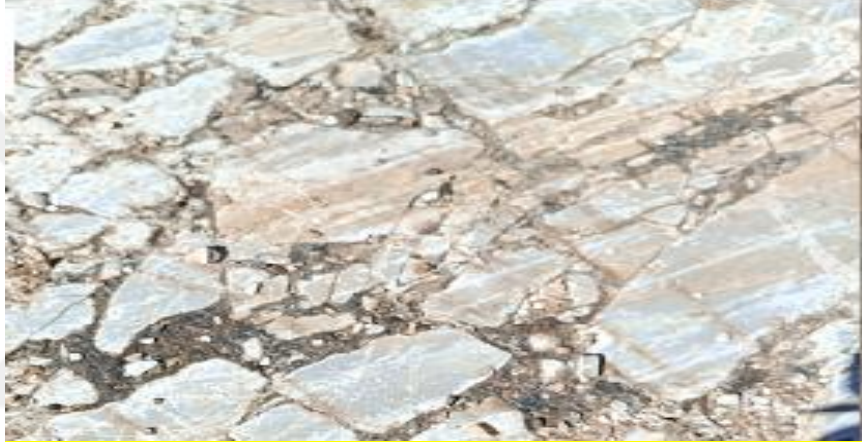
Şekil 4.3 Yazır Köyü'nün güneybatısında gözlenen düzensiz yapraklanma görünümlü altere şistler



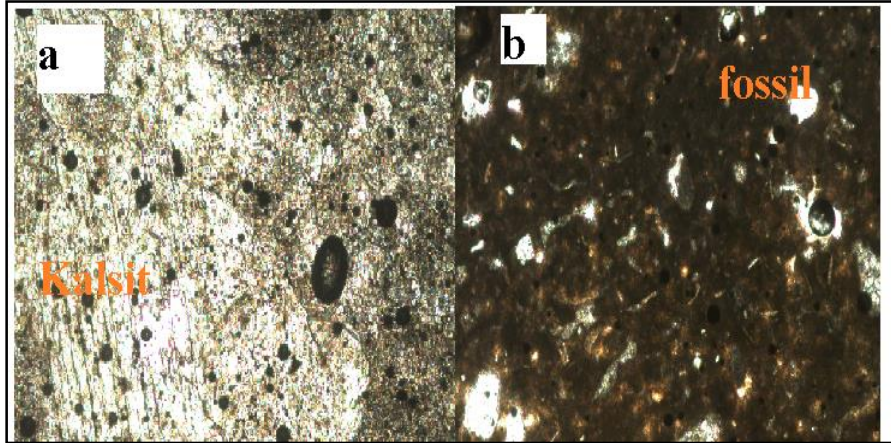
Şekil 4.4. Yazır Köyü'nün güneybatısında gözlenen kalsit damarları



Şekil 4.5. Çamarası güneyinde mostra veren bol kırıklı çatlaklı mermerler



Şekil 4.6. Çamarası kuzeydoğusunda mermerler içerisinde gözlenen kalsit damarları



Şekil 4.7. Mermerlere ait ince kesit a) kalsit b) fosil

4.1.2. Dandalas Grubu

Grabende temel kayalar üzerleyen Dandalas grubu, Damdere formasyonu ve Karacaören formasyonu olmak üzere iki litostratigrafik birimden oluşmaktadırdır (Açıkalın,2005). Bunlar kırmızı karasal kırıntılılardan oluşan Damdere formasyonu ve yukarıya doğru geçiş gösteren marn, kireçtaşı ve ince kırıntılılardan oluşan Karacaören formasyonudur (şekil 4.8).

4.1.2.1. Damdere Formasyonu (Tmd)

Karacasu Grabeni'ndeki temel kayalar üzerindeki ilk istif olan Damdere Formasyonu (Açıkalın,2005), (Kastelli,1971) tarafından “konglomera-gre-marn karmaşığı” olarak tanımlanmıştır. Damdere Formasyonu, Miyosen yaşlı karasal parçalardan oluşmaktadırdır (MTA,2024). Damdere Formasyonu, grabenin doğu kenarında yer alır ve yaklaşık KB-GD uzanımlı 4 eski vadiyi doldurur (Açıkalın,2005). (Kastelli,1971) tarafından eski topoğrafyadaki çukur alanlarda   ekeldiği belirtilmiştir. Açıkalın,2005  alışmasında Damdere'nin 195 m kalınlığında bir stratigrafik kesitini hazırlamıştır. Damdere Formasyonu çoğunlukla konglomera, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve çakıllı çamurtaşı ardaalanmalarından oluştuğu, geçişli veya aşınmalı dokanak ilişkileri sunmakta, tane boyları genellikle 2-5 cm, yer yer 25-30 cm arasında değişen köşeli/yarı yuvarlak metamorfik çakıllar içerdiği, birimin bazı kesimlerinde benzer özellikte ofiyolit çakıllarına rastlanmaktadır. Üst kısımlara doğru tane boyu incelmesi gösteren Damdere formasyonu yanal ve düşey yönde Karacaören formasyonuna geçişlidir (Açıkalın,2005). Diğer araştırmalara göre birim havzanın güney sınır fayı tarafından kontrol edilmektedir (Alçiçek,2013). Birim 150 m kalınlığındadır ve iki alt birimden oluşur: Kırmızımsı çamurtaşları ile ardışımlı olarak matriks destekli iri taneli konglomeralardan oluşan alt birim ve sarımsı-kırmızı, klast destekli kanallı konglomeralardan oluşan üst birimden oluşmaktadır. Tabakalı paleokanallar, çoğu durumda ince taneli kumtaşı, silttaşı ve kırmızımsı masif ve organik açıdan zengin çamurtaşı   ekellerine doğru derecelenmiştir.

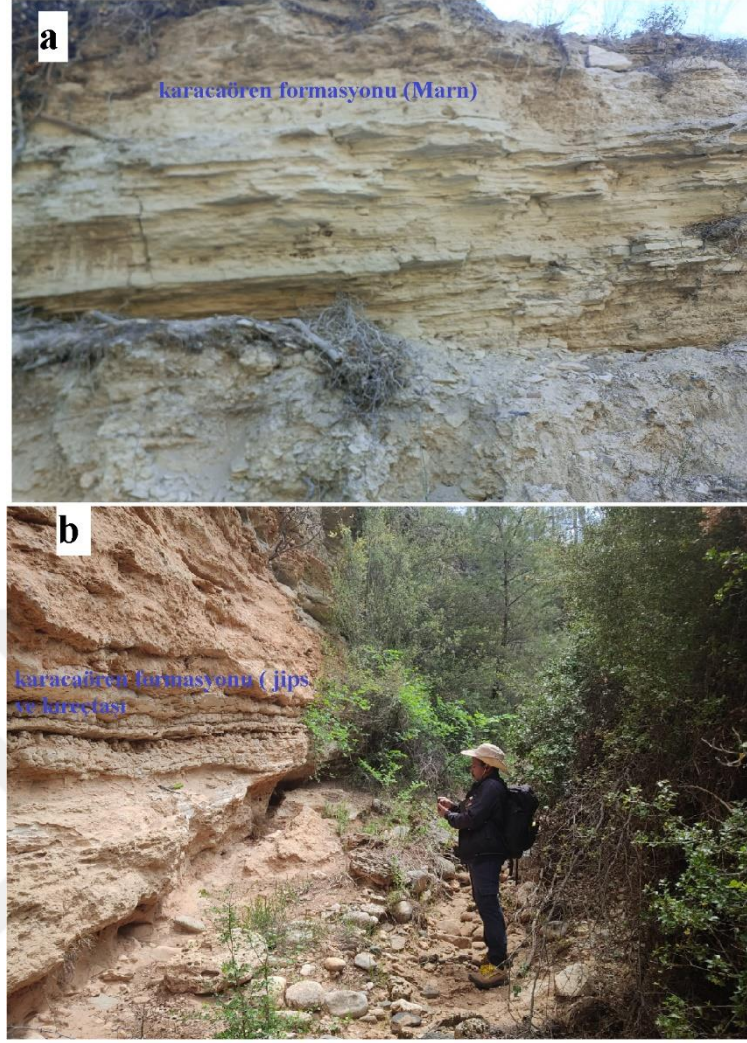
4.1.2.2. Karacaören Formasyonu (Tmk)

Damdere Formasyonu  zerine uyumlu olarak gelen ve g lssel karakter sunan Karacaören Formasyonu, kuzeyde Karacasu'dan güneyde Çamarası ve Aşağı amarası köyleri arasına kadar grabenin doğu kenarı boyunca çok geniş bir yayılım sunmaktadır (şekil 4.9 a ve b).

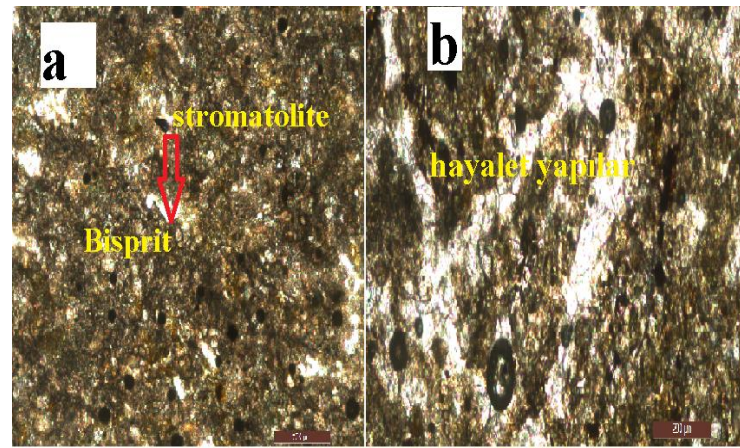
(Açıklan,2005). Karacaören köyünün güneybatısında yer alan tip kesitteki istifin; fosilli gri/beyaz çamurtaşı, marn, kireçtaşı ve nadiren kumtaşı ardalanmasından oluşmakta birim içerisinde özşekli jips kristalleri içeren seviyelerin de yer almaktadır. Yer yer gözlenen jips oluşumuna sedimantasyon sırasında yaşanan şiddetli kuraklık neden olmuştur. (Açıklan 2005) tarafından kireçtaşı-marn ardalanmasının altta kumlu/siltli seviyelerle birlikte gözlendiği, istifte yukarıya doğru kireçtaşı-marn-çamurtaşı ardalanmasının baskın hale geldiği belirtilmiştir. MTA (2024) tarafından yapılan çalışmada göl karbonatları olarak adlandırılan birimlerin yaşı Üst Miyosen olarak belirtilmiştir. Güzelbeyli-Çamarası yolu marnlar içindeki stromatolit biyolojik yayılımı, sıkı deniz kökenli veya düşük enerjili ortamlara (açık deniz marn birikimi) işaret etmektedir. Olası çevresel değişim (deniz seviyesindeki yükselmenin mikrobiyal karbonat sistemini boğması). Bazı biyoklastların diyajenetik değişimi, ince taneli, karbonat bakımından zengin yapıları nedeniyle marnlarda yaygın olan çözünme veya mikritleşme (mikrobiyal bozunma) belirtileri gösterebilir. Kumlu kireçtaşı içinde (Yeşilyurt batısında) hayalet yapılar, ilerleyen diyajenetik değişimi (genellikle birden fazla aşama) kaydeder (şekil 4.10). Üst baskıya rağmen orijinal çökeltme dokularının yeniden oluşturulmasına yardımcı olurlar. Varlıkları reaktif akışkanlarla (meteorik, gömülme veya hidrotermal) etkileşime işaret eder.



Şekil 4.8. Damdere formasyonu ile Karacaören formasyonunun sınır ilişkisi



Şekil 4.9. Yeşilyurt batısında Karacaören Formasyonuna ait marnlar (a) ve kumlu kireçtaşı seviyeleri (b)



Şekil 4.10. Karacaören Formasyonuna ait ince kesit (a) Stromatolit-Marn (b) hayalet yapı-kumlu kireçtaşı



Şekil 4.11. Karacasu-Karacaören formasyonun sınır ilişkisi Dandalaz mahallesi kuzeybatısında

4.1.3. Karacasu Formasyonu (Qalk)

Grabenin batı kenarında ve GD' sunda yüzeyleyen Dandalas grubu üzerine açılmal uyumsuzlukla gelen Karacasu formasyonu çamurtaşı, kumtaşı ve konglomera ardalanmasından oluşmaktadır (Açıkalın,2005). Bu formasyonu (Ocakoglu ve ark.,2005) tarafından kenar fayları önünde gelişmiş yelpaze çökelleri olarak değerlendirilmiştir. Formasyonun Karacasu merkezinin güneyindeki yaklaşık 45 m'lik tip kesitinde sarımsı, kırmızımsı, gevşek, kumtaşı, çamurtaşı, çakıllı kumtaşı, çakıllı çamurtaşı ve konglomeradan oluştuğu belirtilmiş, istifin alt kesimlerinde paleo-toprak seviyeleri ve kalık nodülleri gözlemlendiği, çakıllı ve kumlu seviyelerde ise çapraz tabakalanma gözlemlendiği ifade edilmiştir (Açıkalın,2005) (Şekil 4.12). (Nebert'e,1955) tarafından Geç Pliyosen Kuvaterner, (Kastelli'ye,1971) tarafında ise Üst Pliyosen olarak yaşlandırılan Karacasu formasyonu, (MTA,2024) çalışmasında ise Pleyistosen olarak yaşlandırılmıştır.

Konglomera özellikleri Karacasu formasyonunda iyi gelişmiş kırıntılar imbrikasyon (15-30° eğim açıları) ve ENE-WSW (Ocakoglu et ark., 2005). Paleoakış yönelimi, imbrikasyon dokularının paleo-geçirgenlik anizotropisini ortaya koymaktadır. Kaba konglomeralar yüksek geçirgenlik bölgelerini temsil edebilir (MTA, 2024). Akış hizalaması, mevcut yeraltı su yollarının dağılımı ile ilişkili olabilir (Şekil 4.12.)



Şekil 4.12. Karacasu formasyonu içerisinde gözlenen paleo akış yönü

4.1.4. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanında Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazesi, akarsu yatağı ve taşkın sedimanlarından oluşan güncel alüvyonlar sınırlı bir alanı kaplamakta olup, grabenin merkezinde yer alan ve çalışma alanının en büyük akarsuyu olan Dandalas Çayı ve onun kollarından biri olan Geyre Çayı güncel sedimantasyonun diğer kaynaklarıdır (Açıkalın,2005). Bu sedimanların Büyük Menderes Grabeni ve çevresinde gelişen güncel sedimanlarla fiziksel olarak bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Açıkalın, 2005). Karacasu Fayı ve çevresinde alüvyal ve alüvyal yelpazeler ile yamaç molozu ve yığılması görülmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Alüvyon ve Karacasu Fayının görünümü

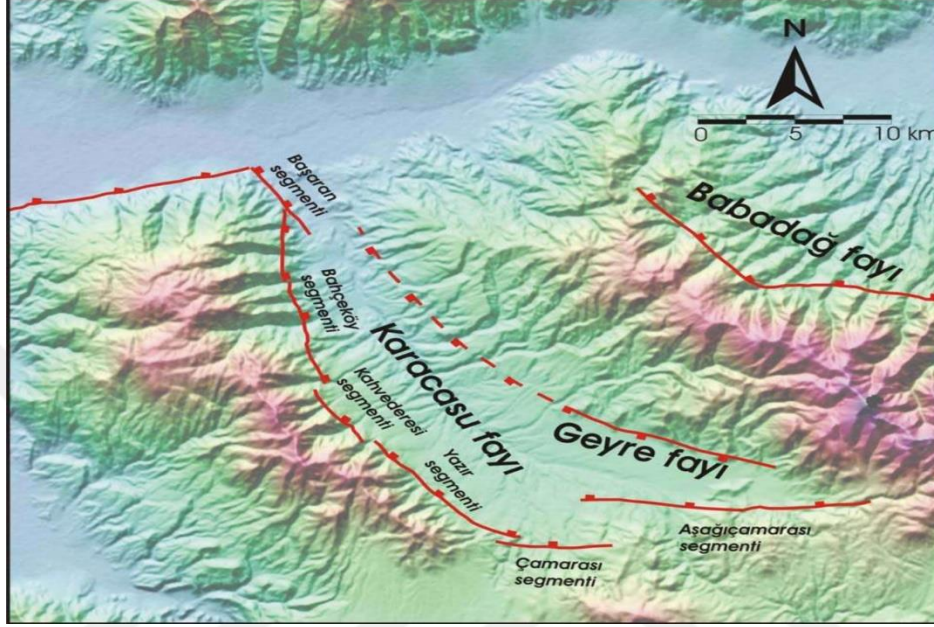
4.2.Yapısal Jeoloji

Batı Anadolu, Oligosen'in sonundan bu yana genişlemeli bir tektonik rejime maruz kalmış ve bunun sonucunda karmaşık bir horst ve graben sistemi oluşmuştur. Bu grabenler üç ana yönelim sergilemektedir: KB-GD, KD-GB ve D-B. Bu genişleme yapılarının evrimini açıklamak için çeşitli tektonik modeller ve kronolojik çerçeveler önerilmiştir. Bunlar arasında, Büyük Menderes Grabeni (BMG) gibi D-B yönelimli grabenler yaygın olarak en genç olarak kabul edilir ve BMG bir K-G uzanım gerilme rejimi altında aktif olarak oluşur. BMG, Neojen (Miyosen) ve daha genç sedimanter seri doldurulmuş olan KB eğilimli Karacasu Grabeni'ni (KG) kesmektedir. Morfotektonik analizler, Karacasu Grabeni'nin mevcut morfolojisini önemli ölçüde kontrol eden birkaç fay yapısını tanımlamıştır (Açıkalın vd, 2005) (Şekil 4.14).

4.2.1. Karacasu Fay Sistemi

Karacasu Fayı (KF), her biri farklı yönelimler sergileyen altı ayrı segmentten oluşmaktadır. En kuzeydeki Başaran segmenti $K30^{\circ}$ - 40° B doğrultusunda yaklaşık 6-7 km uzanır. Atalan Sırtı'nın doğusunda, Karaçlıdağ'ın doğu kanadı ani bir yön değişimi gösterir ve orada Bahçeköy segmenti $K0^{\circ}$ - 10° B doğrultusunda ortaya çıkar ve yaklaşık 11 km uzanır. Daha güneyde, Kahvederesi segmenti 5 km'lik bir uzunluk boyunca KD-GB yönelimini ($K45^{\circ}$ D) takip eder. Bitişik Yazır segmenti de kuzey kesiminde KD-GB yönelimini ancak güneye doğru D-B yönüne geçiş yapar. Çamarası segmenti olarak

bilinen 5 km uzunluğundaki D-B doğrultulu fay segmenti, Hançam Tepesi'nden Çamarası köyünün güneyindeki Ümmüölen'e kadar uzanır ve 2 km kuzeye doğru Aşağıçamarası segmenti'ne adım atar (Açıkalın vd, 2005) (şekil 4.14). (Ocakoğlu vd, 2005), Karacasu fayında 200–500 m'lik düşey atımlar olduğunu tahmin etmişlerdir, ancak kesin değerler segmentlere göre değişiklik gösterebilir.



Şekil 4.14. Karacasu fayını oluşturan segmentler (Açıkalın vd, 2005)

Karacasu fayı, Karacasu Grabeni'nin batı ve güney kenarlarını tanımlamaktadır. Güneydoğuya doğru, Karacasu fayı'nın güneydoğu segmenti ile Geyre Fayı da havzanın morfolojisinin şekillenmesinde rol oynamaktadır. Dolayısıyla, Karacasu Havzası en iyi şekilde batıda Karacasu fayı ile sınırlanan ve güneydoğuya doğru tam bir graben yapısına dönüşen yarı graben sistemi olarak tanımlanabilir. Sadece Karacasu Fayı, kuvaterner çökellerini belirgin bir şekilde keserek yakın zamandaki tektonik faaliyetini teyit ederken, Geyre fayı'nın faaliyeti belirsizliğini korumaktadır. Geyre fayı, Çatalkuzu bölgesinden K75B boyunca doğuya doğru yaklaşık 10 km uzanmaktadır. Bölgenin en doğu kesiminde, Kocadüz yerleşim yerinde, fay Geç Miyosen bazal uyumsuzluğunu Babadağ yükselmesi ile ayırmaktadır. Bu fay için yaklaşık 200 m'lik bir düşey atımlar değiştirme önerilmiştir (Ocakoğlu ve ark., 2005)

KG içindeki diğer aktif yapılar azdır. Karacasu'nun kuzey girişinde, kuvaterner çökelleri küçük eğik atımlı faylardan etkilenmektedir. Karındere yakınlarında, Geyre Yelpaze Kompleksi içinde, K35°-40°D doğrultulu normal fayların Karacasu formasyonu'nu bozduğu ve formasyon içi uyumsuzluklar yarattığı ek deformasyon meydana gelir. Bu

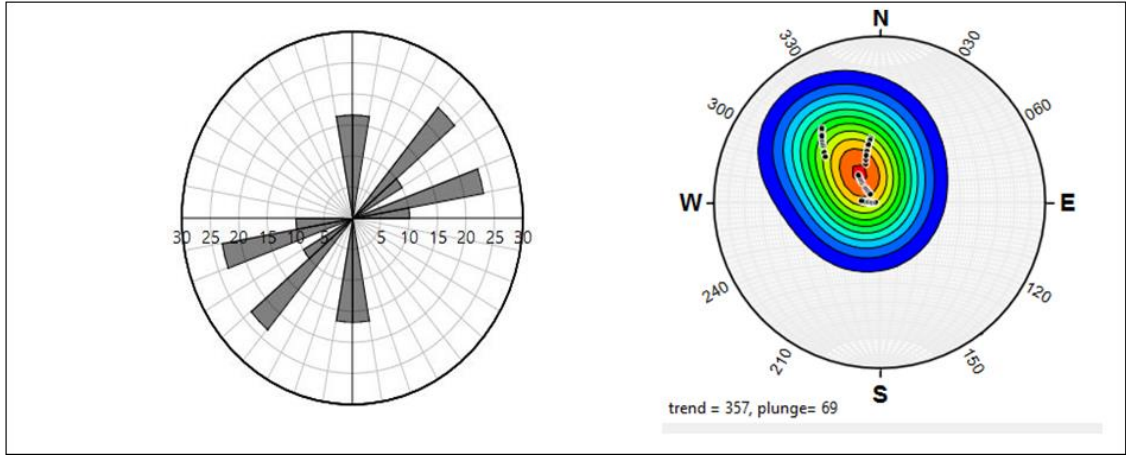
özellikler, kuvaterner sırasında KB-GD doğrultulu eş-sedimanter uzanımına işaret etmektedir (Şekil 4.14).

4.2.2. Kırık ve Çatlaklar

Karacasu Fayı, her segmenti özgü uzanım yönlerine sahip altı kinematik olarak farklı segmentten oluşmaktadır (Açıkalın vd., 2005; Ocakoğlu vd., 2005). KF, Dikey Yer Değişimi ve Havza Morfolojisi, önemli dikey yer değiştirmeler (200–500 m) sergiler ve bu değişkenlik, segmentlere özgü gerilme birikimine atfedilir (Ocakoğlu ve ark., 2005). Maksimum atımlar muhtemelen daha uzun Bahçeköy segmenti boyunca meydana gelirken, Kahvederesi daha kısa segmentler daha az yer değiştirme gösterir.

Kireçtaşlarından alınan çatlak ölçümlerine göre hazırlanan gül diyagramında hâkim çatlak konumu K30D. Mermerlerden alınan tabaka ölçümlerine göre hazırlanan Kontur diyagramına göre hâkim tabaka konumu K10B, K-45D (Şekil 4.15). Damdere formasyonu formasyonu veya diğer tabakaların konumu bu hâkim fay yönelimleri KB-GD (Başaran, Bahçeköy) ve KD-GB (Kahvederesi, Yazır) etrafında kümelenmiştir, bu da bimodal fay dağılımını göstermektedir (Şekil 4.16). İkincil D-K (Çamarası) ve K-G (Yazır güney segmenti) eğilimleri, yerel gerilme bozulmalarını veya yeniden etkinleşen temel yapıları temsil ediyor olabilir. Geyre Fan Kompleksi içindeki Kuvaterner minör faylar (K35°–40°D), muhtemelen bölgesel gerilme alanı yeniden yönelimi ile bağlantılı olan geç aşama KD-GB uzama rejimini etmektedir.

Mermer kırık ağı, kalsit damar mineralizasyonu ile kanıtlanan, akışkan kanallarının (K30B kırıkları) hidrotermal dolaşım için birincil yollar olarak hizmet ettiği jeotermal akışkan dinamiği üzerinde birinci dereceden kontrol uygular. Karst gelişimi veya kırılma kesişimleri (K30B ve K60D), boşluk açısından zengin bölgeler oluşturarak gelişmiş çözünmeyi lokalize eder. Yüksek geçirgenliğe sahip koridorlar, özellikle kırıkların yatak düzlemlerini kestiği durumlarda, muhtemelen K30B ve K60D yönelimlerini takip eder.



Şekil 4.15. Kireçtaşlarına ait gül ve kontur diyagramı

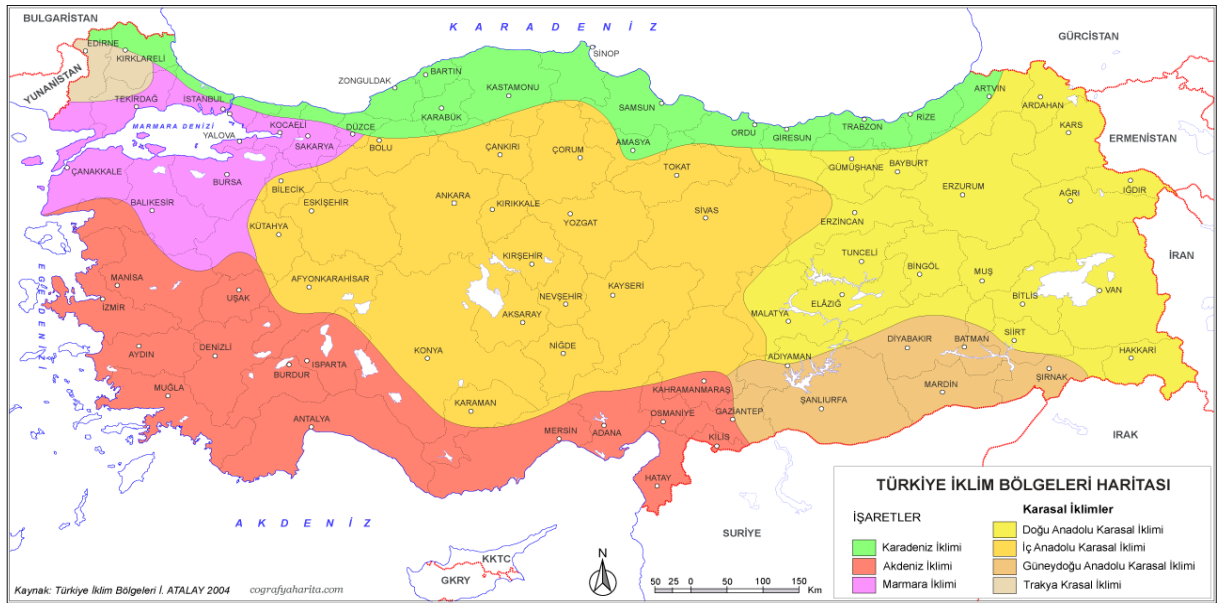


Şekil 4.16. Yazır segemetinde KD eğimli şistlerin görünümü (Yazır köyden güneybatı)

4.3.Hidrojeoloji

4.3.1. İklimsel verilerin değerlendirilmesi

Karacasu'da (Aydın) bulunan çalışma alanı Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır (Şekil 4.17). Bölgenin iklim koşullarını değerlendirmek için Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı Karacasu/18025 meteoroloji istasyonundan elde edilen sıcaklık, yağış ve değerlerine göre tablolar hazırlanmış grafikleri çizilmiştir. Elde edilen verilerden yararlanılarak bölgenin su blançosu hazırlanmıştır.



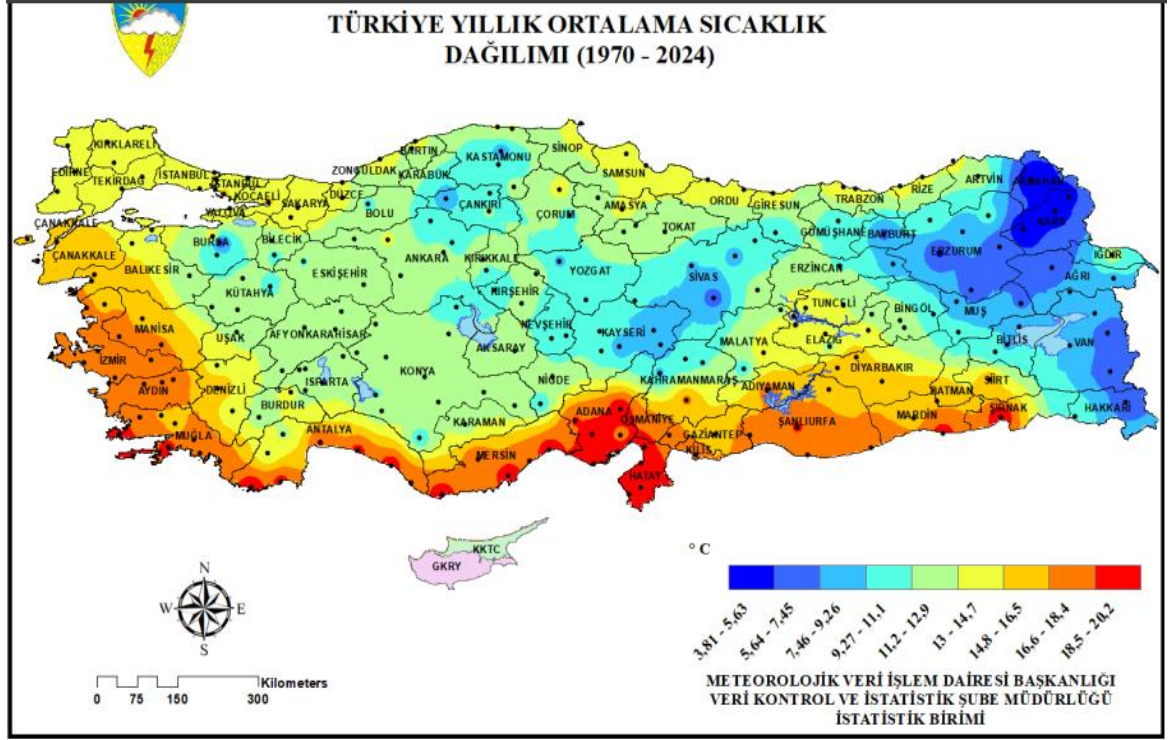
Şekil 4.17. Türkiye İklim Bölgeleri Haritası
(http://cografyaharita.com/turkiye_iklim_haritalari.htm)

4.3.1.1. Sıcaklık

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Aydın Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2024 yılı verilerine göre, çalışma alanındaki yıllık ortalama sıcaklık 18,6 °C dir. En düşük sıcaklık -3,8 °C ile ocak ayında, en yüksek sıcaklık ise 29,7 °C olup haziran ayı ayındadır. (Çizelge 4.1) (Şekil 4.19).

2013-2024 yılları arası en düşük sıcaklık ocak ayında -9 °C en yüksek sıcaklığın ağustos ayında 42,8 °C dir. (Çizelge 4.1). 10 yıllık aylık sıcaklık ortalamaları değerlendirildiğinde, aralık ve ocak aylarında sıcaklık değerleri düşük, Temmuz ve ağustos aylarının ise yüksektir (Çizelge 4.1). Uzun yıllar ortalama sıcaklık haritasına

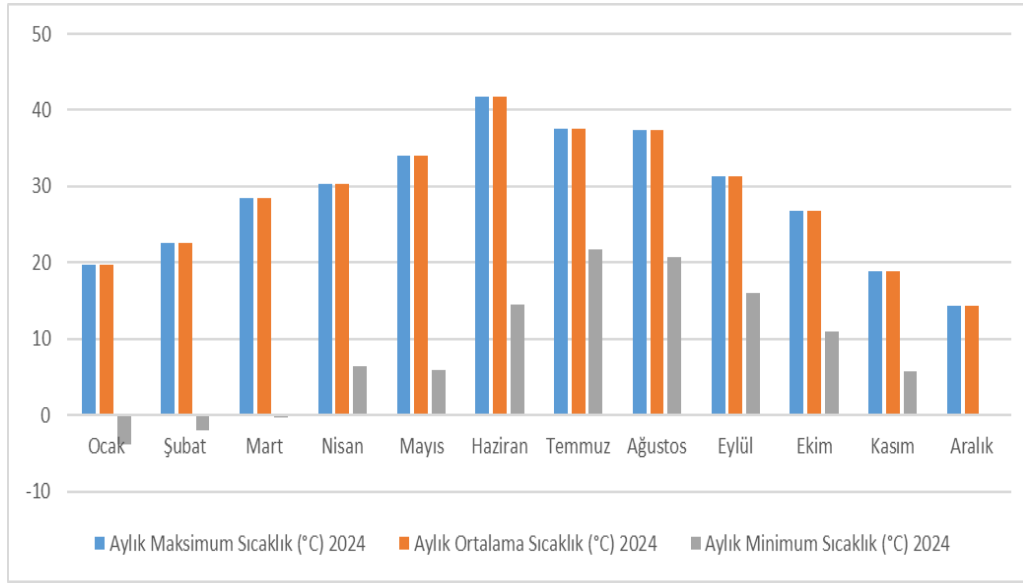
göre, bölgedeki yıllık ortalama sıcaklıklar genellikle 16,6 °C ile 18,4°C arasında değişmektedir (Çizelge 4.1) (Şekil 4.20).



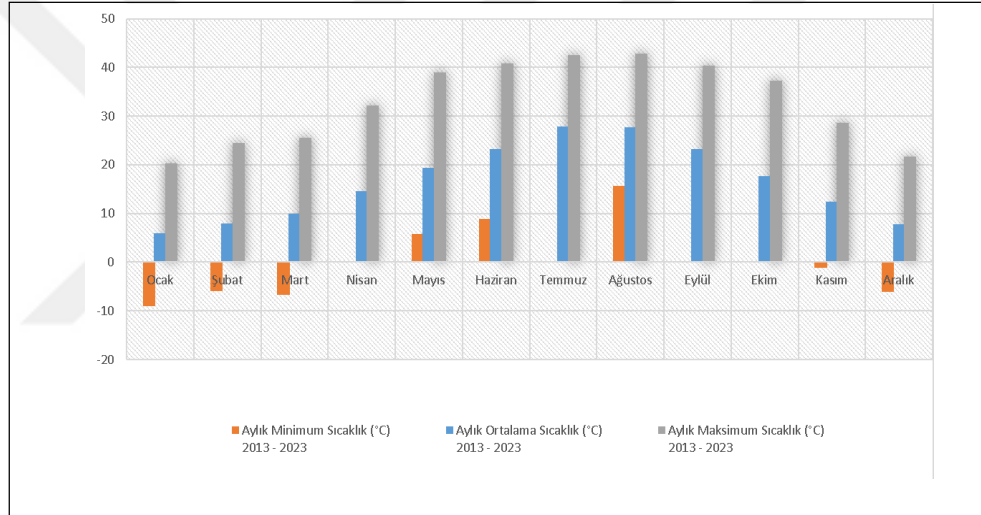
Şekil 4.18. Türkiye yıllık ortalama sıcaklık haritası
(<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme>)

Çizelge 4.1. Karacasu (Aydın) Bölgesine ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Aylar	Ocak	Şubat	Mars	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık min T °C 2013-2023	-9	-6	-6.7	0.3	5.8	8.9	13.9	15.7	0	0	-1.2	-6.1
Aylık mak T °C 2013-2023	20.3	24.5	25.5	32.2	38.9	40.8	42.5	42.8	40.3	37.2	28.7	21.7
Aylık ort T °C 2013-2023	6	8	9.9	14.6	19.4	23.3	27.9	27.7	23.3	17.6	12.4	7.8
Aylık mak .T °C 2024	19.7	22.6	28.4	30.3	34	41.8	37.6	37.4	31.3	26.8	18.9	14.4
Aylık min. T °C 2024	-3.8	-2	-0.3	6.4	5.9	14.5	21.8	20.7	16	11.0	5.7	5.1
Aylık ort T °C S 2024	7.5	9.1	11.3	18.5	19.5	29.7	29.6	29.1	23	18.2	11.4	8.6



Şekil 4.19. Karacasu (Aydın) Bölgesine ait aylık sıcaklık (°C) değerleri



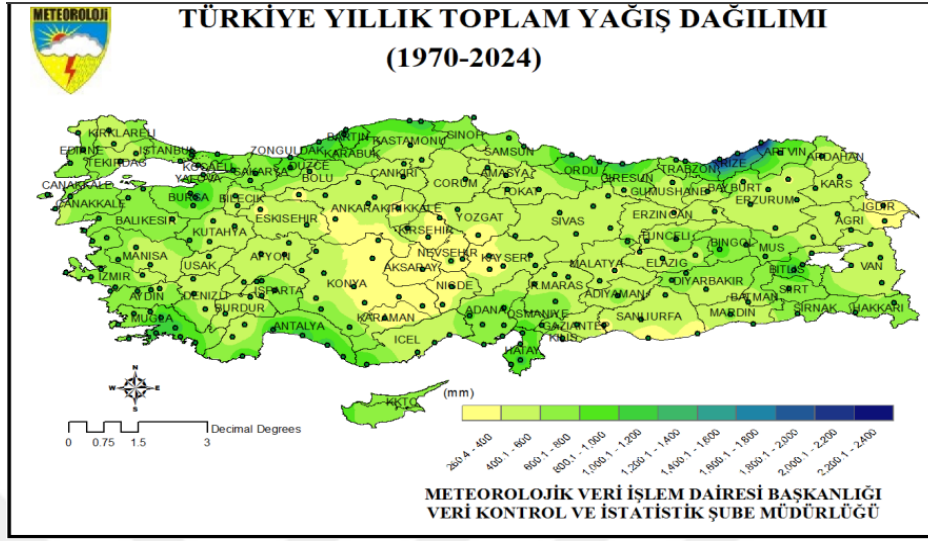
Şekil 4.20. Çalışma alanının 2013-2023 arasında aylık sıcaklık grafiği

4.3.1.2.Yağış

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Aydın Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2024 yılı verilerine göre, yağış değerleri oldukça düşüktür. Aylık toplam yağış ocak ayında olup 90 mm, haziran ayında ise 1,1 mm dir (Çizelge 4.2) (Şekil 4.21).

Uzun yıllar yağış değerlerine göre ise 10 yıllık (2013-2023) aylık toplam yağış miktarı belirgin bir düşüş görülmektedir. En düşük aylık toplam yağış temmuz ayında 7.82 mm ve toplam yağış 16,98 mm'dir (Çizelge 4.2) (Şekil 4.22). Türkiye'nin bölgesel yıllık yağış dağılım haritasına göre, çalışma alanı iç Akdeniz bölgelerine özgü orta

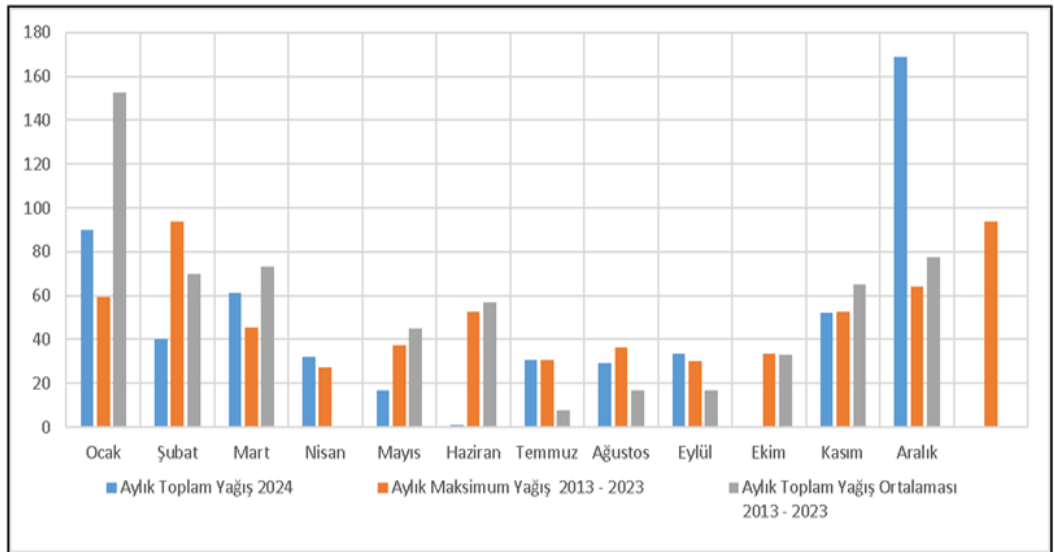
düzeyde yağış almaktadır. Türkiye'nin yıllık yağış miktar haritasına göre çalışma alanında yıllık yağış miktarının 600 ile 800 mm arasındadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Türkiye'nin bölgesel yıllık ortalama yağış miktarının (<https://www.mgm.gov.tr>)

Çizelge 4.2. Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)

Ay/yıl	Ocak	Şubat	Mars	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık top P 2013-2023	152.	69.9	73.2	39.4	44.9	57.0	7.82	16.7	16.9	32.8	64.9	77.3
Aylık mks P 2013-2023	59.5	93.8	45.7	27.1	37.4	52.6	30.8	36.2	30	33.4	52.5	64.2
Aylık top. P 2024	90	40.4	61.3	31.9	16.6	1.1	30.5	29.4	33.5	0.0	52.3	168.



Şekil 4.22. Çalışma alanına ait aylık toplam yağış grafiği

4.3.1.3. Buharlaşma ve Terleme

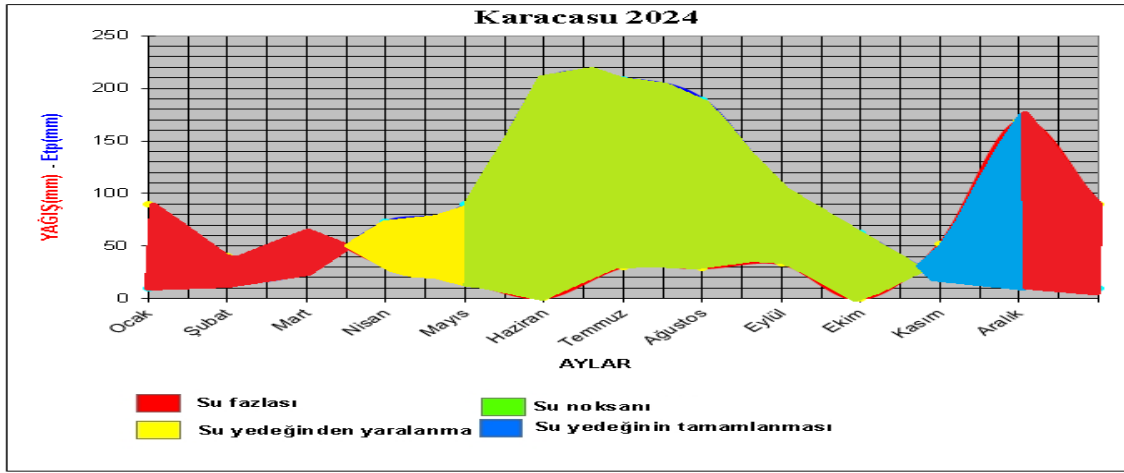
2024 yılı ve uzun yıllar 10 yıllık (2013-2023) sıcaklık ve yağış verilerine göre Thornthwaite (1948) yöntemi kullanılarak inceleme alanına ait deneştirmeli nem bilançosu hazırlanmış, yağış, buharlaşma-terlemenin değişim grafiği çizilmiştir.

2024 yılı deneştirmeli nem bilançosuna göre ocak ayından mart ayı sonuna kadar yağış buharlaşma-terlemeden fazla olmakta ve su fazlası görölmektedir. Nisan ayında yağış buharlaşma terlemeden az olmakta toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden karşılanmaktadır. Mayıs ayı ortasından Kasım ayı ortalarına kadar yağış buharlaşma terlemeden az olmakta, faydalı su yedeği de sıfır olduğundan gerçek buharlaşma terleme yağışa eşit olmakta ve su noksanı gözlenmektedir. Aralık ayından itibaren yağış buharlaşma terlemeden fazla ve ocak ayı ortasına kadar faydalı su yedeği tamamlanmaktadır. (Çizelge 4.3 Şekil 4.23).

Uzun yıllar 2013-2023 göre hazırlanan deneştirmeli nem bilançosunda ise ocak ayı sonundan mart ayı sonuna kadar yağış buharlaşma-terleme fazla olmakta ve su fazlası görölmektedir. Nisan ayında yağış buharlaşma terlemeden az olmakta ve faydalı su yedeğinden yararlanılmaktadır Haziran ayın başından Ekim ayının sonuna kadar yağış buharlaşma terlemeden az olmakta, faydalı su yedeği de sıfır olduğundan gerçek buharlaşma terleme yağışa eşit olmakta ve su noksanı gözlenmektedir. Kasım ayı sonunda yağış buharlaşma terlemeden fazla olmakta ve toprağın su yedeği tamamlanmakta ve aralık ayı sonunda ise su fazlası görölmektedir. (Çizelge 4.4 Şekil 4.24).

Çizelge 4.3. Çalışma alanının 2024 yılı deneştirmeli nem bilançosu (Thornthwaite 1948)

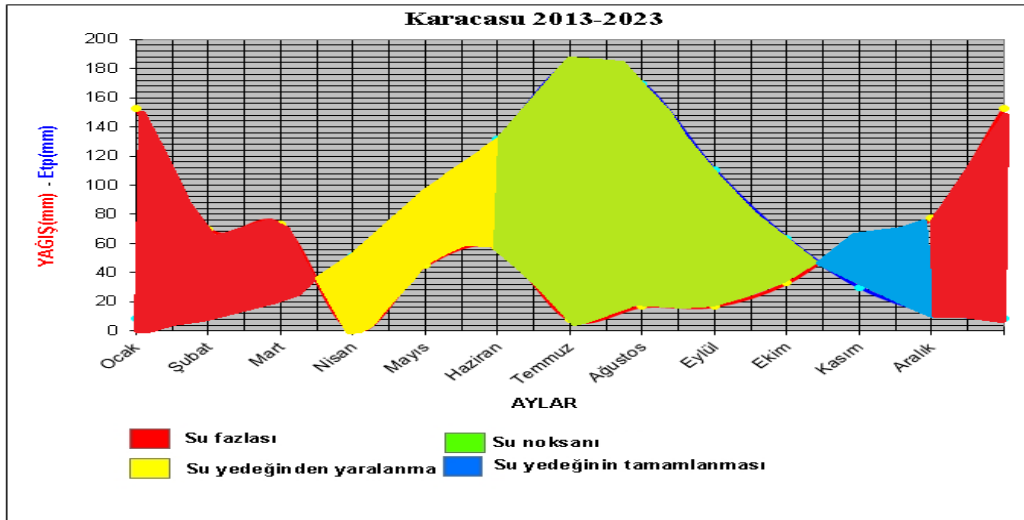
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylöl	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (°C)	7.5	9.1	11.3	18.5	19.5	29.7	29.6	29.1	23	18.2	11.4	8.6	16.5
Sıcaklık indisi	2	2.48	3.44	7.25	7.85	14.84	14.77	14.39	10.08	7.07	3.48	2.27	89.77
Potansiyel Buh-Ter (Etp-mm)	11	16.44	25.16	66.30	73.53	168.13	167.01	161.51	101.71	64.20	25.60	14.71	
Enlem düzeltme katsayısı	0.86	0.84	1.03	1.1	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.81	0.83
Düzeltilmiş Etp-mm	10	13.81	25.91	72.93	89.70	206.79	208.77	188.97	104.76	62.27	21.76	11.91	1017
Yağış-mm	90	40.4	61.3	31.9	16.6	1.1	30.5	29.4	33.5	0	52.3	168.8	654.14
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	58.973	0	0	0	0	0	0	30.54	100	
Gerçek Buh-Ter (Etr-mm)	10	13.81	25.91	72.93	75.57	1.10	30.50	29.40	33.50	0.00	21.76	11.91	326
Su fazlası-mm	80.34	26.59	35.39	0.00	0	0	0	0	0	0	0	87.43	229.75
Su noksanı-mm	0	0	0	0	14.129	205.69	178.27	159.57	71.264	62.275	0	0	691.20



Şekil 4.23. Yağış-buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (2024 yılı)

Çizelge 4.4. Çalışma alanının 2013-2023 yılı deneştirmeli nem bilançosu (Thornhwaite 1948)

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (°C)	6	8	9.9	14.6	19.4	23.3	27.9	27.7	23.3	17.6	12.4	7.8	16.5
Sıcaklık indisi	1	2.04	2.81	5.07	7.79	10.28	13.50	13.36	10.28	6.72	3.96	1.96	79.08
Potansiyel Buh. Ter (E _{tp} -mm)	10	16.33	23.76	47.05	77.58	107.08	147.01	145.16	107.08	65.37	35.30	15.62	
Enlem düzeltme katsayısı	0.86	0.84	1.03	1.1	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.81	0.83
Düzeltilmiş E _{tp} -mm	8	13.72	24.47	51.76	94.65	131.70	183.76	169.84	110.29	63.41	30.01	12.65	895
Yağış-mm	152.65	69.99	73.28	39.47	44.94	57.09	7.82	16.78	16.98	32.88	64.9	77.35	654.14
Faydalı su yedeği-mm	100	100	100	100	50.292	0	0	0	0	0	34.89	99.591	
Gerçek Buh. Ter (E _{tr} -mm)	8	13.72	24.47	51.76	94.65	107.38	7.82	16.78	16.98	32.88	30.01	12.65	418
Su fazlası-mm	144.18	56.27	48.81	-12.29	0	0	0	0	0	0	0	0.00	236.98
Su noksanı-mm	0	0	0	0	0	24.321	175.94	153.06	93.309	30.526	0	0	477.15



Şekil 4.24. Yağış-buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (2013-2023 yılları arası)

4.3.2. Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri

Çalışma alanında bulunan litolojik birimlerin su bulundurabilme özelliklerine göre değerlendirildiğinde inceleme alanındaki birimler; geçirimli, yarı geçirimli, az geçirimli ve geçirimsiz olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.25) (Şekil 4.26).

4.3.2.1. Geçirimli Birimler (Gç1)

Karacasu Grabeni'ndeki başlıca geçirgen formasyonlar arasında Kuvaterner yaşlı alüvyonlar geçirimli birim olarak ayırtlanmıştır. Dandalaz ve Geyre dereleri tarafından biriktirilen güncel alüvyonları çakıl, kum, kil ve siltten ve alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşmaktadır (Açıkalın vd., 2005). Bu çökellerin litolojik heterojenliği ve değişken kalınlıkları özellikle vadi ağızları yakınında onları uygun hidrolik iletkenliğe sahip ve bölgeleri uygun akifer haline getirmektedir. Esas olarak gözenekli ve geçirgen tortullardan oluşan güncel alüvyon çökelleri, çalışma alanındaki ana akifer birimlerini temsil etmektedir. Bu birimler hem yüzey hem de yeraltı su birikimini kolaylaştırmaktadır.

4.3.2.2. Geçirimli Birimler (Gç2)

Karacasu formasyonu Grabeni'nin batı kenarı boyunca ve GD kesimlerinde Dandalaz grubu tarafından açısal uyumsuzluk ile üzerlenir. Bu formasyonu sarımsı, kırmızımsı renkli, tutturulmamış kumtaşı, çamurtaşı, çakıllı kumtaşı, çakıllı çamurtaşı ve çakıltaşından oluşur. Bunlar Ocakoğlu ve diğerleri (2005) tarafından fay kayalıkları önünde gelişmiş alüvyal yelpaze çökelleri olarak yorumlanmıştır. Birim, çapraz yataklanmış kumlu ve çakıllı fasiyesler, paleo-toprak horizonları ve nodüler kireçtaşı tabakaları içeren gevşek, yarı konsolide tabakalar içerir. Bu özellikler, alansal kapsamı ve tane boyutu dağılımı ile, onu önemli bir akifer sistemi olarak sınıflandırır.

4.3.2.3. Geçirimli Birimler 3 (Gç3)

İnceleme alanında bulunan mermerler kırıklı çatlaklı ve karstik özelliğindedir. karstlaşma ve tektonik olaylarla mermerlerin ikincil gözenekliliğe sahip olmuştur. Karbonat mineralleri (CaCO_3) bakımından zengin olan mermerler karstlaşmaya karşı hassastır ve çözelti ile genişleyen kırıklar ve boşluklar geliştirebilir. Sınırlı uzamsal kapsamı bölgesel ölçekte akifer kapasitelerini kısıtlasa da yerel yeraltı suyu kanalları olarak işlev görürler Kastelli (1971). Sondaj çalışmaları, derin yerleşimli, kırıklı akifer

sistemlerinin potansiyelini gösteren, iç içe geçmiş kireçtaşı, mermer ve kuvarsit tabakalarını ortaya çıkarmıştır (DSİ, MTA, TPAO). Bu birimlerdeki yeraltı suyu sızma esas olarak, merkezi graben eksenine doğru dikey ve yanal göçü sağlayan fay kontrollü kanallar tarafından kolaylaştırılan meteorik infiltrasyon yoluyla gerçekleşir (Tüysüz, 2015).

4.3.2.4. Yarı Geçirimli Birimler (Gy1)

Kastelli (1971) tarafından tanımlandığı şekliyle Damdere Formasyonu, gri renkli konglomera, çakıltaşı-marn kompleksinden oluşur. Bu formasyon, üstteki Karacaören Formasyonu'na dereceli geçişler gösterir ve genel bir incelmeye-yükselmeye eğilimi sergiler. Heterojen yapısı nedeniyle, bu birim içindeki kil bakımından zengin ve ince taneli bazı aralıklar, yanal ve dikey yeraltı suyu hareketini sınırlayan yarı geçirgen bariyerler olarak hareket edebilir. Birim içerisindeki çakıltaşı, kumtaşı geçirimli olup akifer kaya özelliğindedir; killer ise geçirimsizdir. Bu nedenle killer akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Birimi oluşturan litoloji birlikte değerlendirildiğinde yarı geçirimli birim olarak değerlendirilmiştir (Tüysüz, Genç, 2015).

4.3.2.5. Yarı Geçirimli Birimler 2 (Gy2)

Metamorfik kayaları oluşturan kuvarsitler ve mermerler dahil olmak üzere Paleozoik yaşlı kayalar, sınırlı birincil gözenekliliğe sahip kompakt bir doku sergiler ve böylece yeraltı suyu sızıntısını engeller. Bu birimler çalışma alanına kuzeydoğusunda olup yeraltı suyu akışına engel etmektedir. Bununla birlikte, yüzeye yakın ayrılmış bölgeler ve kırıklı bölümler, küçük kaynakların ortaya çıkmasına ve boşluk ve çatlaklı yollardan yerel yeraltı suyu akışına veren orta derecede geçirgenlik sergiler. Bu nedenle yarı geçirimli birim olarak ayırtlanmıştır (Tüysüz & Genç, 2015). Killer akifer olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

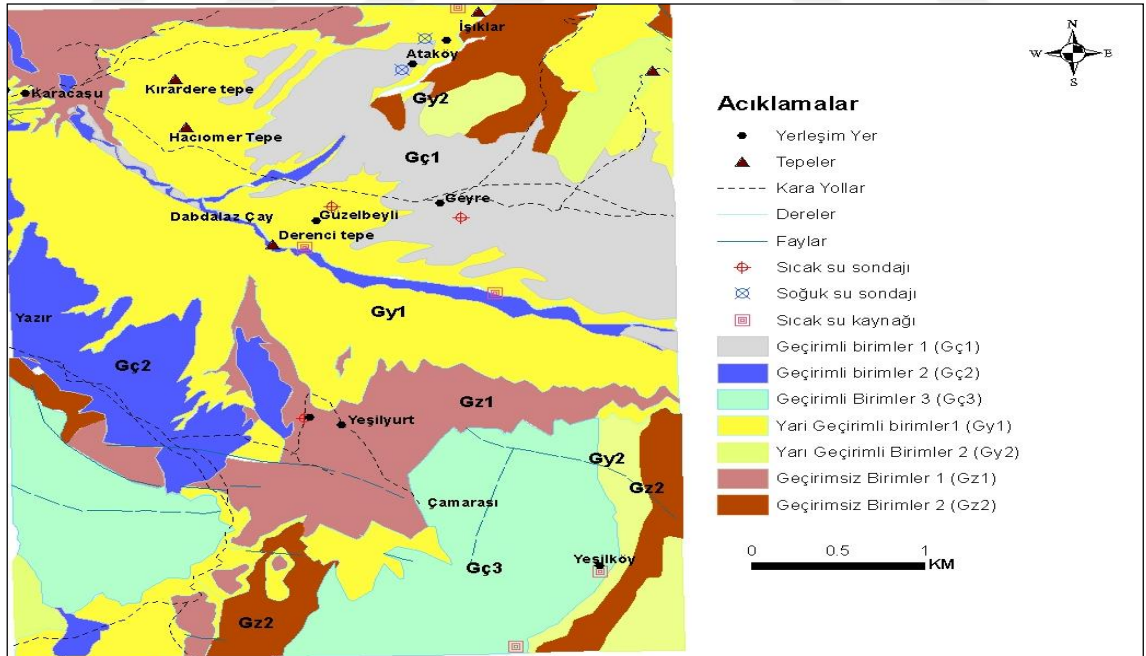
4.3.2.6. Geçirimsiz Birimler 1 (Gz1)

Damdere Formasyonu'nun üzerine uyumlu olarak gelen Karacaören Formasyonu, gri-beyaz fosilli çamurtaşı, marn, kireçtaşı ve küçük kumtaşı yataklarından oluşur (Açıkalın vd., 2005). Sedimentasyon sırasında evaporitik koşullara atfedilen jips

seviyeleri de mevcuttur. Esas seviyeler, yukarı doğru baskın bir kireçtaşı-marn-çamurtaşı ardalanmasına geçiş yapan kumlu/siltli yataklardan oluşur. Bu litolojiler düşük gözeneklilik ve geçirgenliğe sahip olup akıttard veya akıktüd olarak nitelendirilirler. Jeotermal sistemde örtü kayaçları olarak nitelendirilebilir. Termal suların yukarı doğru göçünü önlerler ve rezervuar bütünlüğünü korurlar. Neojen çökellerinin killi ve sıkıştırılmış katmanları da stratigrafik dizilim içinde etkili su tutarak jeotermal rezervuarın sızdırmazlık sisteminin bir parçasını oluşturur (Karahan vd., 2000).

4.3.2.7. Geçirimsiz Birimler 2 (Gz2)

Paleozoik yaşlı metamorfik mermerlerin üzerinde yer alan şistler ve fillit düşük geçirgenlik gösterir ve etkili sınırlayıcı birimler olarak işlev görür. Karahan ve diğerlerine (2000) göre, mermer kayaclar hem üstünde hem de altında yer alan bu şistler, ince taneli, yapraklı dokuları ve düşük hidrolik iletkenlikleri nedeniyle bölgesel akıttardlardır. Yeraltı suyu infiltrasyonu bu süreksizlikler boyunca gerçekleşir, ancak altta yatan geçirimsiz şistlerle karşılaştığında akış engellenir ve litolojik temaslar boyunca kaynak boşalmasına neden olur. Fay kaynaklı süreksizlikler, özellikle yamaç kırılmaları ve dağ eteği bölgeleri yakınında kaynak oluşumunu daha da kolaylaştırır (Tüysüz & Genç, 2015).



Şekil 4.25. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGESİ	KALINLIK	LİTOLOJİ	HİDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ	ACIKLAMALAR
SİNOZOYİK	HOLOSEN	Kuvaterner	Güncel Alüvyon	Qal	35 m		Geçirimsiz Birimler	Atüvyal yelpaze, akarsu yatakları ve taşkın çökellerinden oluşan güncel alüvyonlar
		Pliyo-Kuvaterner	Karacasu	Qalk	190 m		Acısal uyumsuzluk	
	NEOGEN	Miyo-Pliyosen	Karacaören	Tmk	60		Geçirimsiz Birimler	Görsel karakterler, fosilli gri-beyaz çamurtaşı, marn, kireçtaşı ve ender olarak kumtaşı ardalanmasından oluştuğunu, birim içinde özşekilli jips kristalleri içeren seviyelerin
			Damdamer	Tmd			Yarı Geçirimsiz Birimler	
			Mermer	Jkt			Uyumsuzluk	Karasal kırınımlardan, konglomera-gre-marn karmaşığı, çakıllıtaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve çakıllı çamurtaşı ardalanmasından
			Kireçtaşı				Geçirimsiz Birimler	
	PALEOZOYİK		Filit	Pzt			Yarı Geçirimsiz Birimler	
			Filit				Geçirimsiz Birimler	Gnays, şist, kuvarsit ve mermerler, mikasistler ve gnayslar içinde arabanitler halindedir, altlere ultramafiklerden oluşan birimin tamamen serpantinleşmiştir
			Şist				Yarı Geçirimsiz Birimler	
			Mermer Kuvarsit				Geçirimsiz Birimler	
			Mermer					
			Kuvarsit Filit					

Şekil 4.26.İnceleme alanının hidrojeolojik dikey kesiti (Ölçeksiz)

4.3.3.Yüzey Suları

İnceleme alanında Dandalaz Çayı, Karacasu Grabeni'ni kat eden en önemli yüzey suyu olup bütün yıl botunca akış halindedir. Bu akar suyun debisi aşağı yönde artarak Dandalaz mevkii yakınlarında yaklaşık 100 l/s'ye ulaşmaktadır. Çoğu mevsimlik dereler geçici akış özellikleri sergilemesine ve yaz aylarında kuru kalmasına rağmen, başta Hırı Pınarı ve diğer mevsimlik dereler olmak üzere çeşitli kollar tarafından beslenir (Ersoy 1957).

Koyaklar Yaylası'ndan doğan Geyre deresi, yaklaşık 10 l/s'lik bir debiye sahip olup küçük mevsimlik derelerle birleşip 5-10°'lik bir eğimle ovaya doğru akmaktadır. Işıklar Deresi, kurak dönemlerde debisi azalsa da ortalama debisi 25 l/s'lik olup bütün mevsim akış halindedir (Ersoy 1957). Dandalas Yaylası'nın doğusundaki Neojen birimlerinden çıkan Hırı Kaynağı yaklaşık 20 l/s'lik bir boşalım sahiptir ve esas olarak sulama için kullanılmaktadır. Kavaklar Pınarı Seki Köyü'nün yaylası olan Kavaklar Yaylası'nda Kuvaterner ve Neojen formasyonun dokanağından çıkan 10 lt/sn'lik debili bir pınardır, suyu mevsimlik yağışlara bağlı olarak yaz aylarında azalmaktadır (Ersoy 1957).

Graben içindeki akarsuların çoğu minimum eğim göstermiş ve mevsimsel değişkenliğe tabidir; taşkın olayları ağırlıklı olarak yoğun yağışlara yanıt olarak meydana gelir. Önemli akarsuların hidrolojik profilleri, akıntı davranışı üzerindeki hem yapısal hem de litolojik kontrolleri yansıtmaktadır.

4.3.4. Soğuk su Sondaj Kuyuları

Karacasu Grabeni'nde açılmış olan sondaj kuyuları, Ataköy çevresinde olup sayıları fazladır. Kuyuların derinlikleri 120-170 m arasındadır. Statik seviyeleri 60-130m. arasındadır. Sondaj kuyu suları sulama amaçlı kullanılmaktadır.

Çalışma alanında 2 adet soğuk su sondaj kuyusundan örnek alınmıştır. Bunlar; Ataköy sondaj 1 ve Ataköy sondaj 2. dir. Sondaj kuyuları şahıslar tarafından açılan özel kuyulardır. Sondaj kuyuları alüvyon ve alüvyonlarla yanal düşey geçiş gösteren kireçtaşları ve çakıltaşları içerisinde açılmışlardır (Şekil 4.27).

4.3.4.1. Ataköy 1 sondaj Kuyusu

Ataköy'ün hemen güneybatında 6487711 K; 4177438 D koordinatında bulunan kuyu ve 164 m derinliğindedir. Bu kuyuda yapılan ölçümler sonucunda statik seviyenin 130 m ve debisinin ise 38 l/s olduğu tespit edilmiştir. Kuyuda yapılan fiziksel ölçümlere göre sıcaklık 18-19 °C, pH, 7.9, elektriksel iletkenlik (EC) 450-470 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS değeri ise 230 ppm. dir.

4.3.4.2. Ataköy 2 sondaj kuyusu

Ataköy 2 sondaj kuyusu Ataköy'ün Kuzeydoğusunda, 650292 K; 4179863 D. Koordinatlarında olup derinlik 127m, statik seviye 100 m, debi 18 l/s, sıcaklık 19-20 °C, pH 8, Ec 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, TDS 230 ppm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.28. Ataköy sondaj 1 ve Ataköy sondaj 2

4.3.5.Sıcak Su Sondaj kuyuları

4.3.5.1.Geyre Sondaj

Geyre Sondaj Kuyusu, Geyre Köyü'nün güneyinde, 651357 D ve 4174639 K koordinatlarında yer almaktadır. Derinliği 150 metre, statik su seviyesi ise 60 m debi 100 l/s olup sıcaklık 22 °C, pH 8.5, EC 400 µS/cm ve TDS değeri 200 ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.29).

4.3.5.2.Güzelbeyli sondaj

Güzelbeyli sondaj kuyusu, 648342 D ve 4174639 K koordinatlarında, Güzelbeyli Köyü'nün kuzey kesiminde yer almaktadır. Kuyunun derinliği 145 metredir. Statik su seviyesi 80 metre olarak ölçülmüş olup, kuyudan ölçülen debi 90 l/s dir. Sıcaklığı 22 °C, pH değeri 7.5, Elektriksel iletkenlik (EC) değeri 370 µS/cm, toplam çözünmüş madde (TDS) konsantrasyonu ise 200 ppm aralığındadır. Sondaj, bölgedeki güncel alüvyonal birimler içerisinde açılmıştır (Şekil 4.30).

4.3.5.3.Yeşilyurt Sondaj

Yeşilyurt Sondaj Kuyusu, Yeşilyurt Köyü'nün batısında yaklaşık 1 km mesafede, 648320 D ve 4170000 K koordinatlarında yer almaktadır. Kuyunun derinliği 160 metre olup statik su seviyesi 90 metre olarak ölçülmüştür. Debi değeri 27 l/s'dir. Su sıcaklığı 24 °C, pH 8.5, EC 400 µS/cm ve TDS yaklaşık 200 ppm'dir. Sondaj, alüvyon içinde açılmıştır (Şekil 4.31).



Şekil 4.32. Yeşilyurt Sondaj Güzelbeyli sondaj Geyre Sondaj

4.3.6.Sıcak Su Kaynağı

4.3.6.1.Geyre Çayı Kaynağı

Geyre Çay Kaynağı, Geyre Mahallesi'nin güneydoğusunda, Kızılyarbaşı Mevkii'nde yer almakta olup 653041 D ve 4172320 K koordinatlarında akan dere yatağı kıyısında bulunmaktadır. Kaynak, güncel alüvyonlar içerisinde çıkmakta ve sıcaklık değeri 29 °C, pH 7.5, EC 670 µS/cm ve TDS 240 ppm aralığında ölçülmüştür (Şekil 4.33).

4.3.6.2.Yeşilköy Kaynağı

Yeşilköy Kaynağı, Yellikayalık Mevkii'nin güneybatısında, yaklaşık 1100 metre rakımından boşalmakta olup çalışma alanının güneyindedir. Kaynak suyu sıcaklığı 26 °C, pH 8, EC 510 µS/cm ve TDS 250 ppm dir (Şekil 4.34).

4.3.6.3.Güzelbeyli Kaynağı

Güzelbeyli Kaynağı, Güzelbeyli Köyü'nün güneybatısında, dere yatağı kıyısından boşalmaktadır. Kaynağı, güncel alüvyon birimleri içerisinde yüzeye çıkmaktadır. Ölçülen sıcaklık 25 °C, pH 8, EC değeri 510 µS/cm, TDS ise 250 ppm aralığındadır (Şekil 4.35).

4.3.6.4. Atakköy Kaynağı

Atakköy Kaynağı, Atakköy yerleşiminin kuzeyinde, 651381 K ve 4179928 D koordinatlarında, yaklaşık 650 metre rakımda Damdere formasyonu içerisinde boşalmaktadır. Bu kaynak, yüzeysel akışla Atakköy Barajı'na ulaşmaktadır. Yerinde yapılan ölçümler sonucunda su sıcaklığı 22 °C, pH değeri 8, elektriksel iletkenlik (EC) 380 µS/cm ve toplam çözünmüş madde (TDS) içeriği 200 ppm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.36).

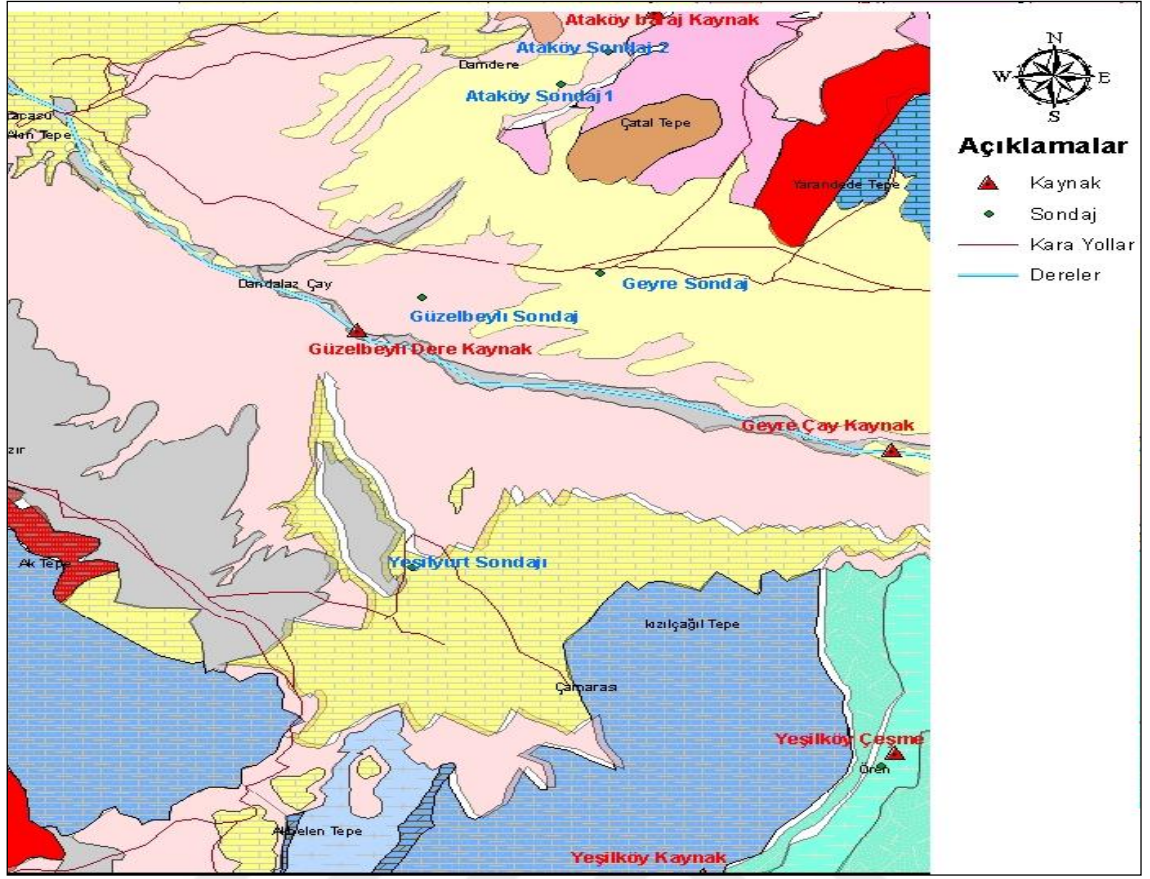
4.3.6.5. Yeşilköy Çeşmesi

Yeşilköy Kaynağı'ndan çıkan su, çıkış noktasında kaptaj yapılarak borularla daha düşük kotlara taşınmakta ve yol kenarlarında çeşme şeklinde halkın kullanımına sunulmaktadır. İçme suyu olarak değerlendirilen bu suyun sıcaklığı 26 °C, pH değeri 7, EC 200 µS/cm ve TDS değeri 70 ppm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.37).

Karacasu Grabeni'ni ve çevresinde bulunan kaynak ve sondajlar kaba taneli alüvyon yelpazelerine ait litoloji içerisinde açılmış olup kuyular kalınlığı 180 metreyi aşan lagünel fasiyeslerle daha ince gölsel çökellere kadar inmektedir (Çizelge 4.5) (Çizelge 4.6). Geyre Ovası'nda yapılan sondajda, yaklaşık 170 metrelik kaba kırıntıların altında mermer birimlerine rastlanmış olup bu da derin bir akifer sisteminin varlığına işaret etmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.39. Güzelbeyli Kaynağı, Yeşilköy Kaynağı, Atakköy Kaynağı, Yeşilköy Çeşmesi
Geyre Çayı Kaynağı



Şekil 4.40. Su örnekleme toplanmış noktaları

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki örnek noktalarına ait veriler

Su noktası	Kot	Koordinat		EC	PH	Sıcaklık	TDS	Debi	Derinlik	S.S.
		Enlem	Boylam							
Geyre Sondaj	500	651357	4174639	733	7.08	22	200	100	150	60
Yeşilyurt Sondaj	550	648320	4170000	718	7.65	24	200	27	160	90
Güzelbeyli Sondaj	480	648342	4174884	697	7.5	22	190	90	145	80
Ataköy Sondaj1	500	648711	4177438	712	7.7	18	230	38	164	130
Ataköy Sondaj2	600	650292	4179863	823	7.64	19	230	18	127	100
Yeşilköy (Ören) Kaynak	1050	652941	4165696	177	7.97	24	200	-	-	-
Yeşilköy (Ören) Çeşme	950	653596	4167431	232	6.76	26	70	-	-	-
Ataköy Kaynak	650	651381	4179928	578	7.87	22	200	-	-	-
Geyre Çay Kaynak	480	653041	4172320	1098	7.6	29	240	-	-	-
Güzelbeyli Kaynak	480	647557	4174143	717	7.93	25	250	-	-	-

Çizelge 4.6. Graben içinde açılan derin sondaj kuyularına ait veriler

Kuyu no	Enlem	Boylem	Derinlik	Kuvaterner	Pliyosen-kil-kireçtaşı	Pliyosen-çakıltası	Temel kaya
34963	648075	4177250	150	122	150		
35775	650725	4175925	150	150			
35776	653425	4175475	150	62			150
35777	652150	4174100	150	150			
36685	649375	4175050	191	86	191		
39263	652350	4175125	80	80			
44171	653750	4175475	167	100			167
49800	653200	4175025	161	141			161
53332	652750	4175050	162	129			162
53333	653050	4174750	230	230			
53334	652950	4175025	192	173			192
54342	652400	4173600	150	150			
54343	652750	4173975	150	150			
DKS-2	643221	4178876	188	188			

4.3.7. Karacasu Havzasında Akifer Sistemleri

Karacasu havzası, Menderes Masifi ve üzerindeki Likya napları içinde oluşmuş, KB-GD doğrultulu yarı graben bir havzadır (Alçiçek, 2013). Neojen-Kuvaterner yaşlı gölsel ve alüvyal çökeller (Damdere, Karacaören ve Kuvaterner yaşlı Karacasu Formasyonları) kalın havzayı doldurur ve metamorfik temel üzerinde yer alır. Havzayı sınırlayan büyük normal faylar (Karacasu fayı dahil) sınırlarını belirler, ancak kuzeydeki gibi daha iyi incelenmiş Büyük Menderes grabeninin aksine, bu faylar üzerinde Holosen hareketine net bir kanıt yoktur. Yapısal ortam (alüvyon yelpazeleri tarafından beslenen fay kontrollü bir yarım graben) diğer Batı Anadolu havzalarına benzemektedir ve benzer akiferlere yapabileceğini düşündürmektedir.

Kuvaterner yaşlı Alüvyon (Karacasu Formasyonu): Konsolide olmayan yelpazeli, fluviyal, çakıl ve siltler orta geçirgenliğe sahip bir akifer oluşturur (Şekil 4.41 (Şekil 4.42). Bu birikintiler (birkaç on metre kalınlığa kadar) iyi drene edilir, yağış ve akarsulardan doğrudan beslenir ve muhtemelen dengeli su akışları sağlar. Kaynaklardan ve kuyulardan (Çizelge 4.4) toplanan su örnekleri soğuktur (düşük sıcaklığı), pH'ı nötre yakın ve çözünmüş iyon içerikleri düşüktür, meteorik sularla beslenmektedir. Üst Miyosen-Pliyosen (Damdere ve Karacaören Formasyonları): Kuvaterner'in altında havza dolgusu Damdere Formasyonu'nu (iri alüvyal konglomeralar, kumtaşları ve çamurtaşları) içerir ve yukarı doğru gölsel Karacaören Formasyonu'na (fosilli marnlar, kireçtaşları ve silttaşları) doğru derecelenir (Açıkalın, (2015) (Alçiçek, 2013). Bu daha ince taneli, genellikle kireçtaşı tabakalar düşük geçirgenliğe sahiptir (özellikle marnlar ve silttaşları) ve muhtemelen yarı geçirimli birimler veya örtü kayaları olarak sınıflanabilir. Yerel

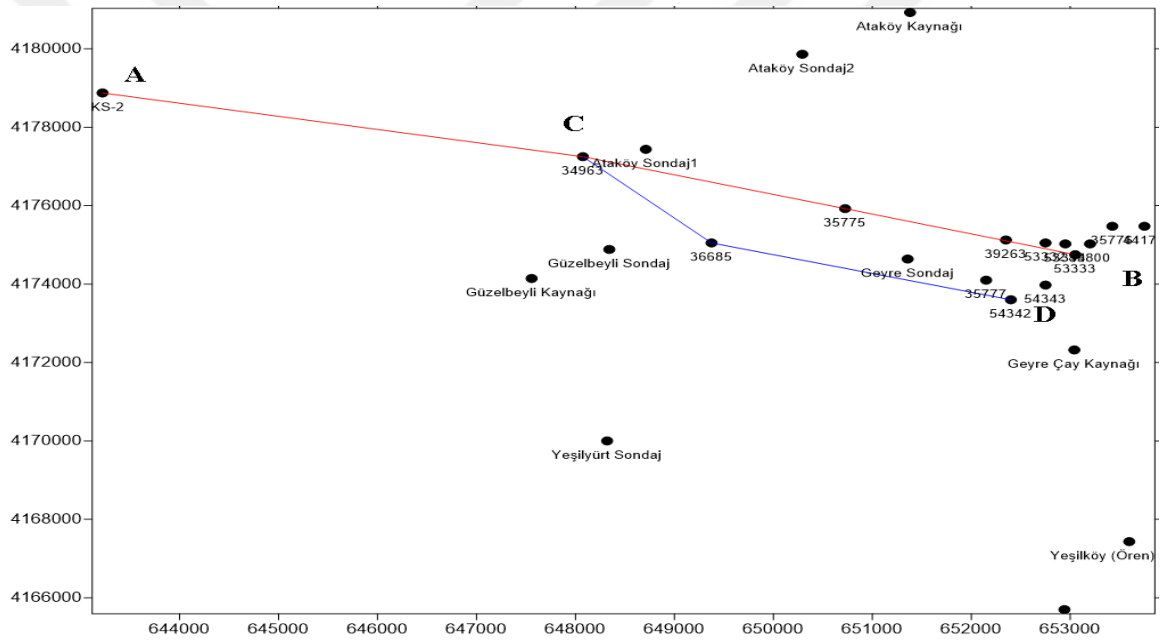
olarak, Damdere içindeki kumtaşları veya konglomeralar sınırlı, daha derin akiferler oluşturabilir, ancak genel olarak bu birimler dikey akışı engelleyecektir. Benzer şekilde, yakındaki jeotermal alanlarda benzer göl oluşumları örtü kayalardır. (Şekil 4.33.).

Paleozoyik Yaşlı Metamorfik Temel (Menderes Masifi ve Likya Napları): Derinlikte kırıklı şist ve gnays ile minör mermer ve kuvarsit birimleri yer alır (Alçıçek, 2013). Sağlam metamorfik kayalar çok düşük geçirgenliğe sahipken, faylanma ve kırılma ikincil gözeneklilikleri artmaktadır. Diğer Batı Anadolu sistemlerinde ise temel de mermer ve kuvarsitlerde yüksek sıcaklık rezervuarları bulunmaktadır. Benzer derin akiferleri Karacasu'nun altında kalırsa, meteorik suyun derin sirkülasyonu ile yeniden beslenir. Açılan derin kuyular bu temel kayaya kadar ulaşabilir ve derinliklerde giderek daha sıcak, daha mineralli su ile karşılaşılabilir.

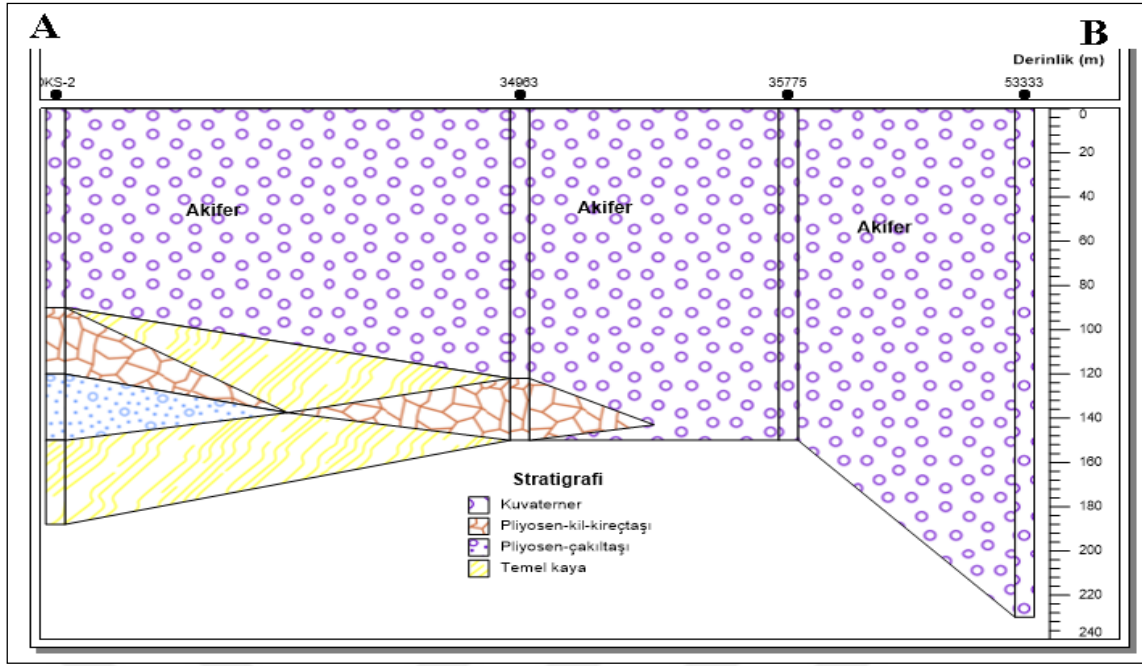
Alüvyon yelpazeler: Dağ eteklerinin ve fayların yakınında, kolüvyal birikintiler mevcut kaynakları besleyen sınırlı yeraltı suyunu depolayabilir. Bu yelpazeler yerel sığ akışa katkıda bulunur, ancak ana Karacasu Formasyonu akiferine kıyasla küçüktür. Besleme tamamen meteorik kökenlidir

Beslenme yolları muhtemelen havza kenarı fayları boyunca ve geçirgen Kuvaterner kanallarından geçmektedir. Damdere/Karacaören Formasyonları'nın geçirimsiz marnları daha derin akışları sınırlayabilmekte, bu nedenle yeraltı suları faylar boyunca tabandan geçip havza merkezinde yükselebilmekte veya alçak kotlarda serin kaynaklar halinde boşalabilmektedir. Karacasu'da havzası suları düşük sıcaklıkta ılık sulardır. Yüzey örnekleme noktaları çoğunlukla alüvyon içindeki sığ kuyulardır. Sürekli olarak nötr pH (6,5-7,5), düşük sıcaklıklar (18-19 °C) ve düşük iletkenlik gösterirler (200-700 µS/cm). Anomali bir jeotermal açıdan ümitli değildir. Sahalardaki (100-200 m'ye kadar) açılan kuyular, düşük sıcaklıkta suya sahiptir. En soğuk kuyularında (Ataköy1 ve Ataköy 2, ~170 m derinlikte) sadece kuzeydoğuda sıcaklık (~18-19 °C) dir. Diğer kuyu veya kaynaklarda Geyre-Geyre çayı, sıcaklıklar kademeli olarak yükselir (~22-29 °C) ve sular çözünmüş katılar açısından daha zengin hale gelir (EC~ 1098 µS/cm). Kuyuların hiçbirinde kaynama veya çok yüksek tuzluluk ile karşılaşılmasına rağmen, ılık, derin yeraltı suyunun varlığı, gömülü bir ısı kaynağı veya derin sirkülasyon bölgesi olduğunu göstermektedir.

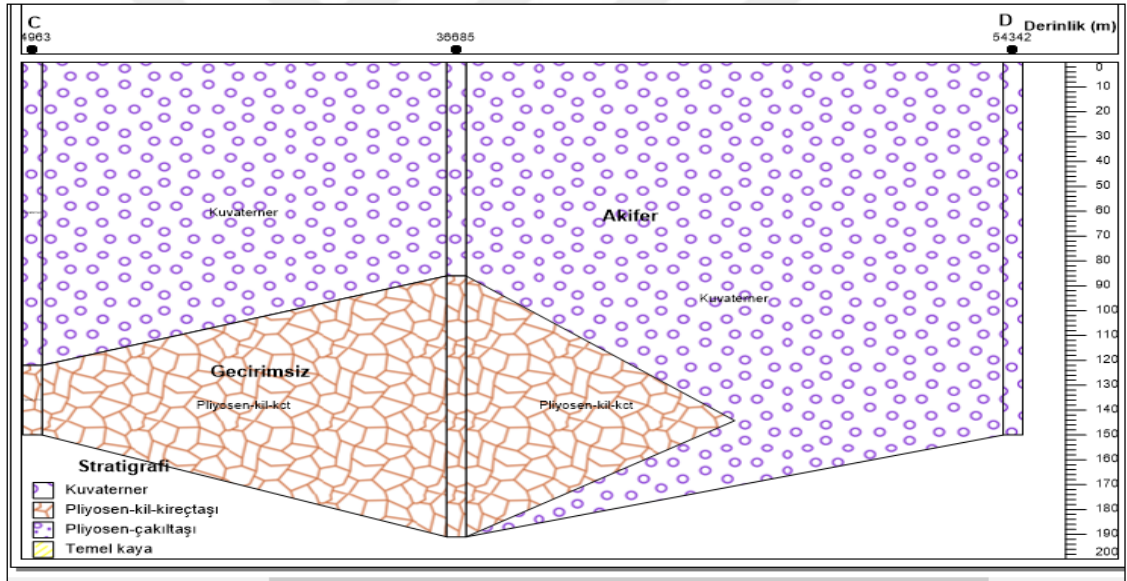
Tüm yeraltı suları meteorik kökenli görünür ve yüzey suyu örnekleri soğukken, daha derin kuyular orta derecede ısınma ve tuzluluk gösterir. Benzer sistemlerdeki izotopik kanıtlar, Karacasu'nun sınırlarının muhtemelen minimum derin sirkülasyon ile soğuk (meteorik) beslenme hâkim olduğunu göstermektedir (Sakir Simsek, 2000). Havzada herhangi bir kaynak çıkış gözlenmemiştir, bu da herhangi bir jeotermal rezervuarın "kör" olduğunu işaretler. Genel olarak, Karacasu'nun hidrojeolojisi komşu grabenlerinkine benzer fay boyunca daha derin potansiyel jeotermal akışın altında kalan havza dolgu birikintilerindeki sığ sudur. Daha derin bir termal akiferin geliştirilip geliştirilemeyeceğini belirlemek için fayların haritalandırılmasına ve eski birimlerin geçirgenliğinin test edilmesine önerilir (Çizelge 4.7).



Şekil 4.43. Su noktaları ve kesit doğrultuları (A-B ve C-D)



Şekil 4.44. AB üzerinden geçen kesiti kuyular



Şekil 4.45. CD kesiti ve kuyular

Çizelge 4.7. Graben içinde sondaj kuyularına ait statik seviyesi

Su noktası	Enlem	Boylem	Statik seviyesi
Geyre Sondaj	651357	4174639	130
Yeşilyurt Sondaj	648320	4170000	100
Güzelbeyli Sondaj	648342	4174884	60
Ataköy Sondaj1	648711	4177438	90
Ataköy Sondaj2	650292	4179863	80

4.4. Hidrojeokimyasal Çalışmaları

Karacasu sahasında bulunan sıcak ve soğuk suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek ve bu suların jeotermal sistem içinde geçirdikleri fizikokimyasal süreçleri ortaya koymak amacıyla dönemsel örnekleme çalışmaları yürütülmüştür. Bu amaçla, çalışma alanındaki tüm su noktalarından (sıcak su sondajları, soğuk su sondajları, soğuk su kaynakları ve yerleşim yerlerindeki çeşmeler) su örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinin saha çalışması sırasında bazı temel fiziksel parametreleri ölçülmüştür. Örnekleme sırasında kaydedilen fiziksel parametreler şunlardır: pH değeri, Elektriksel iletkenlik (EC,) Sıcaklık (T), Toplam çözünmüş katı madde (TDS).

Ayrıca, toplanan örnekler Envirolab Ölçüm ve Analiz Laboratuvarı (ulusal/uluslararası kabul görmüş metodlar doğrultusunda TS EN ISO/IEC 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarları için Genel Şartlar standardının gerekliliklerini yerine getirerek Türk Akreditasyon Kurumu TÜRKA tarafından akredite edilmiştir) ortamında kapsamlı kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda örneklerin iyonik bileşimi ve diğer kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

4.4.1. Suların Fiziksel Özellikler

Karacasu Havzası'nda sistematik örnekleme yürütülmüştür. Su noktalarından 2 adet soğuk su sondaj kuyudan, 3 sıcak su sondaj kuyudan ve 5 sıcak su kaynaktan örnekleri toplanmış ve daha sonra fiziko-kimyasal özellikler açısından analiz edilmiştir. Envirolab Ölçüm ve Analiz Laboratuvarı (ulusal/uluslararası kabul görmüş metodlar doğrultusunda TS EN ISO/IEC 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarları için Genel Şartlar standardının gerekliliklerini yerine getirerek Türk Akreditasyon Kurumu TÜRKA tarafından akredite edilmiştir) analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.8) (Çizelge 4.9) (Çizelge 4.10).

4.4.2. Suların Kimyasal Özellikleri

Su verileri bilgisayar programları kullanılarak sular Schoeller, Piper, Gibbs ve Langelier-Ludwing diyagramları göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca suların Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH 1979) sınıflaması yapılmıştır (Çizelge 4.11). (Çizelge 4.12) (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.8. Soğuk sondajların fiziksel parametreleri

Su notası	Kot	Enlem	Boylem	EC (μ S/cm)	PH	S (°c)	TDS (ppm)	Debi t/s	D(m)	Statik s.(m)
Ataköy sondaj	500	648711	4177438	712	7.7	18	230	38	164	130
Ataköy sondaj	600	650292	4179863	823	7.64	19	230	18	127	100

Çizelge 4.9. Sıcak sondajların fiziksel parametreleri

Su notası	Kot	Enlem	Boylem	EC (μ S/cm)	PH	S (°c)	TDS (ppm)	Debi t/s	D(m)	Statik s.(m)
Geyre sondaj	500	651357	4174639	733	7.08	22	200	100	150	60
Yeşilyurt sondaj	550	648320	4170000	718	7.65	24	200	27	160	90
Güzelbeyli sondaj	480	648342	4174884	697	7.5	22	190	90	145	80

Çizelge 4.10. Sıcak kaynakları fiziksel parametreleri

Su notası	Kot	Enlem	Boylem	EC (μ S/cm)	PH	S (°c)	TDS (ppm)
Yeşilköy (Ören) kaynak	1050	652941	4165696	177	7.97	24	200
Yeşilköy (Ören) çeşme	950	653596	4167431	232	6.76	26	70
Ataköy kaynak	650	651381	4179928	578	7.87	22	200
Geyre Çay kaynak	480	653041	4172320	1098	7.6	29	240
Güzelbeyli kaynak	480	647557	4174143	717	7.93	25	250

Çizelge 4.11. Soğuk sondajların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l)

Örnek No	Na	K	Cl	Ca	Mg	SO ₄	HCO ₃	NO ₂	NO ₃	F	SiO ₂	Li	Fe	B	As	Çöz. O ₂	EC	PH	S (°c)
Ataköy sondaj1	6.38	1.5	19.72	79.84	21.08	56.99	264	0.1	9.6	0.1	4.6	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	8.9	712	7.7	19
Ataköy sondaj2	9.23	0.76	25.4	66.58	37.08	52.37	360	0.1	2.22	<0.1	7.4	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	8.73	823	7.64	20

Çizelge 4.12. Sıcak sondajların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l)

Örnek No	Na	K	Cl	Ca	Mg	SO ₄	HCO ₃	NO ₂	NO ₃	F	SiO ₂	Li	Fe	B	As	Çöz. O ₂	EC	PH	S (°c)
Geyre Sondaj	5.24	1.68	17.43	69.3	30.63	23.34	228	0.1	13.2	<0.1	8.8	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	8.82	733	7.08	22
Yeşilyurt Sondaj	3.14	0.35	9.86	74.9	30.05	11.49	356	0.1	6.33	0.8	14	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	8.66	718	7.65	24
Güzelbeyli sondaj	3.56	0.62	11.39	69.24	29.68	15.05	328	0.1	15.1	<0.1	23	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	8.49	697	7.5	22

Çizelge 4.13. Sıcak sondajların fizikokimyasal analiz sonuçları (mg/l)

Örnek No	Na	K	Cl	Ca	Mg	SO ₄	HCO ₃	NO ₂	NO ₃	F	SiO ₂	Li	Fe	B	As	Çöz. O ₂	EC	PH	S (°c)
Yeşilköy kaynak	2.59	0.47	6.93	12.57	5.95	17.85	40	0.1	4.83	0.1	3	<0.01	2.07	<0.01	<0.01	8.62	177	7.97	24
Yeşilköy çeşme	19.04	2.4	14.93	24.06	10.83	12.43	68	0.1	9.61	0.1	5	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	9.01	232	6.8	26
Ataköy kaynak	4.72	1.76	13.61	61.14	22.08	45.98	216	0.1	0.88	0.1	24	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	8.75	578	7.87	22
Geyre Çay kaynak	18.41	7.3	46.71	68.64	27.4	32.21	380	2.4	5.01	<0.1	7	<0.01	0.03	0.05	<0.01	7.4	1098	7.6	29
Güzelbeyli kaynak	4.83	0.78	16.56	52.96	46.68	34.01	328	0.1	7.67	<0.1	10	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	8.77	717	7.93	25

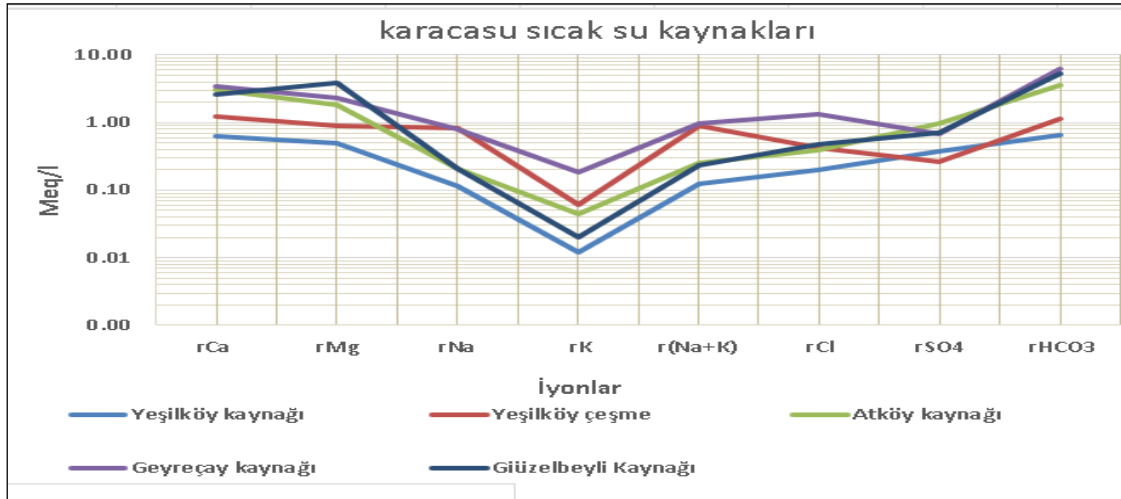
4.4.2.1. Schoeller diyagramı

Çalışma alanına ait su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller diyagramı çizilerek suların birbirleriyle olan kökensel benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır (Schoeller, 1965).

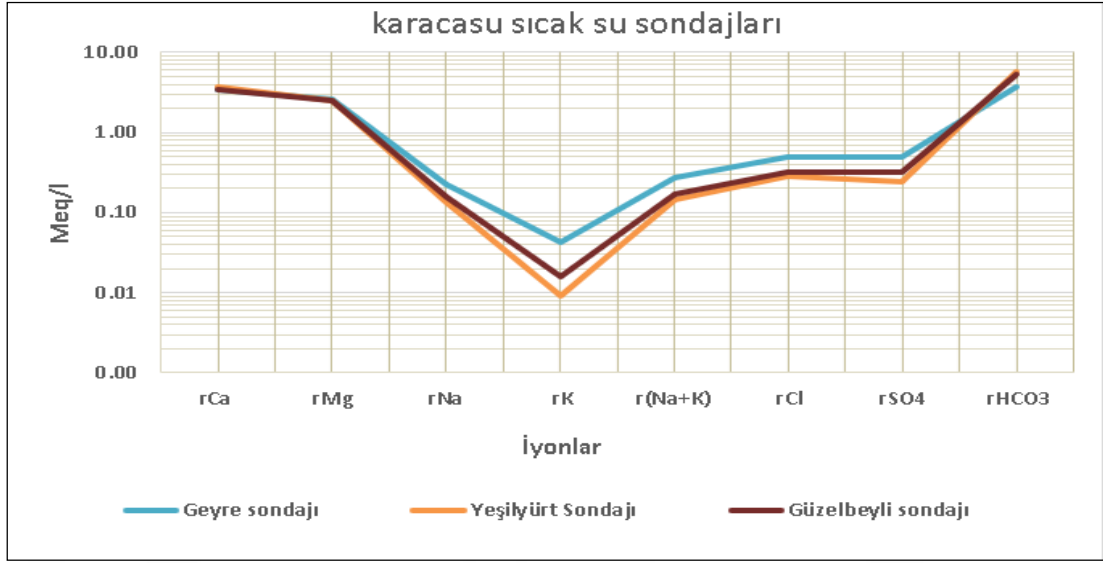
Sıcak su kaynak örneklerinden elde edilen değerlere göre çizilen Schoeller diyagramında grafiklerdeki kesişen çizgiler su türlerinin karıştığını veya farklı jeokimyasal süreçleri göstermektedir. İyonların sıralamasının $rCa > rMg > r(Na+K)$, $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ (Sekil 4.36) (Çizelge 4.5). Tüm örneklerde hâkim aniyon HCO_3^- (bikarbonat) ve Ca^{2+} hâkim katyonlardır (Sekil 4.34) (Çizelge 4.14).

Sıcak su sondajları çizgilerinin birbirine paralel olması sularla benzerlik veya aynı kökenli olduğunu göstermektedir. İyonların sıralanışı $rCa > rMg > r(Na+K)$, $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ şeklindedir. HCO_3^- (bikarbonat) örneklerde hâkim anyonlardır ve Ca^{2+} hâkim katyonlardır. Bu durum akiferde karbonat kayaçları (kireçtaşları veya dolomitler) ile önemli bir etkileşim olduğunu işaret etmektedir (Tarcan, 2003) (Sekil 4.35) (Çizelge 4.15).

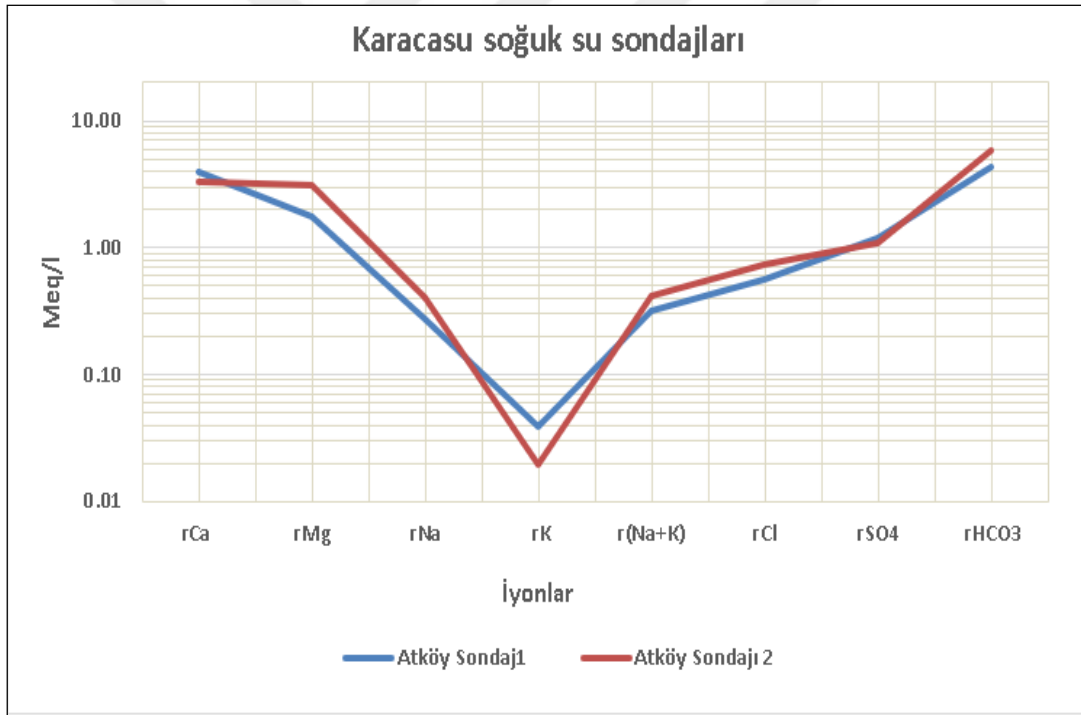
Soğuk su sondajları çizgilerinin (Ataköy sondajı1 & 2) birbirine paralel olması bu suların benzer beslenime ve hazne kayaç tipine sahip olduklarını göstermektedir. İyonların sıralanışı $rCa > rMg > r(Na+K)$, $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ (Sekil 4.36) (Çizelge 4.16).



Şekil 4.46. Çalışma alanında yer alan sıcak su kaynaklarının Schoeller diyagramı



Şekil 4.47. Çalışma alanında yer alan sıcak su sondajların Schoeller diyagramı



Şekil 4.48. Çalışma alanında yer alan soğuk su sondajların Schoeller diyagramı

Çizelge 4.14. Çalışma alanındaki sıcak suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l)

Sıcak su kaynağı	rCa	rMg	rNa	rK	r(Na+K)	rCl	rSO4	rHCO3
Yeşilköy kaynağı	0.63	0.50	0.11	0.01	0.12	0.20	0.37	0.66
Yeşilköy çeşme	1.20	0.90	0.83	0.06	0.89	0.43	0.26	1.11
Atköy kaynağı	3.06	1.84	0.21	0.05	0.25	0.39	0.96	3.54
Geyreçay kaynağı	3.43	2.28	0.80	0.19	0.99	1.33	0.67	6.23
Güzelbeyli Kaynağı	2.65	3.89	0.21	0.02	0.23	0.47	0.71	5.38

Çizelge 4.15. Çalışma alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l)

Sıcak su sondajı	rCa	rMg	rNa	rK	r(Na+K)	rCl	rSO4	rHCO3
Güzelbeyli sondajı	3.46	2.47	0.15	0.02	0.17	0.33	0.31	5.38
Geyre sondajı	3.47	2.55	0.23	0.04	0.27	0.50	0.49	3.74
Yeşilyürt Sondajı	3.75	2.50	0.14	0.01	0.15	0.28	0.24	5.84

Çizelge 4.16. Çalışma alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (meq/l)

Su noktası	rCa	rMg	rNa	rK	r(Na+K)	rCl	rSO4	rHCO3
Atköy Sondajı1	3.99	1.76	0.28	0.04	0.32	0.56	1.19	4.33
Atköy Sondajı 2	3.33	3.09	0.40	0.02	0.42	0.73	1.09	5.90

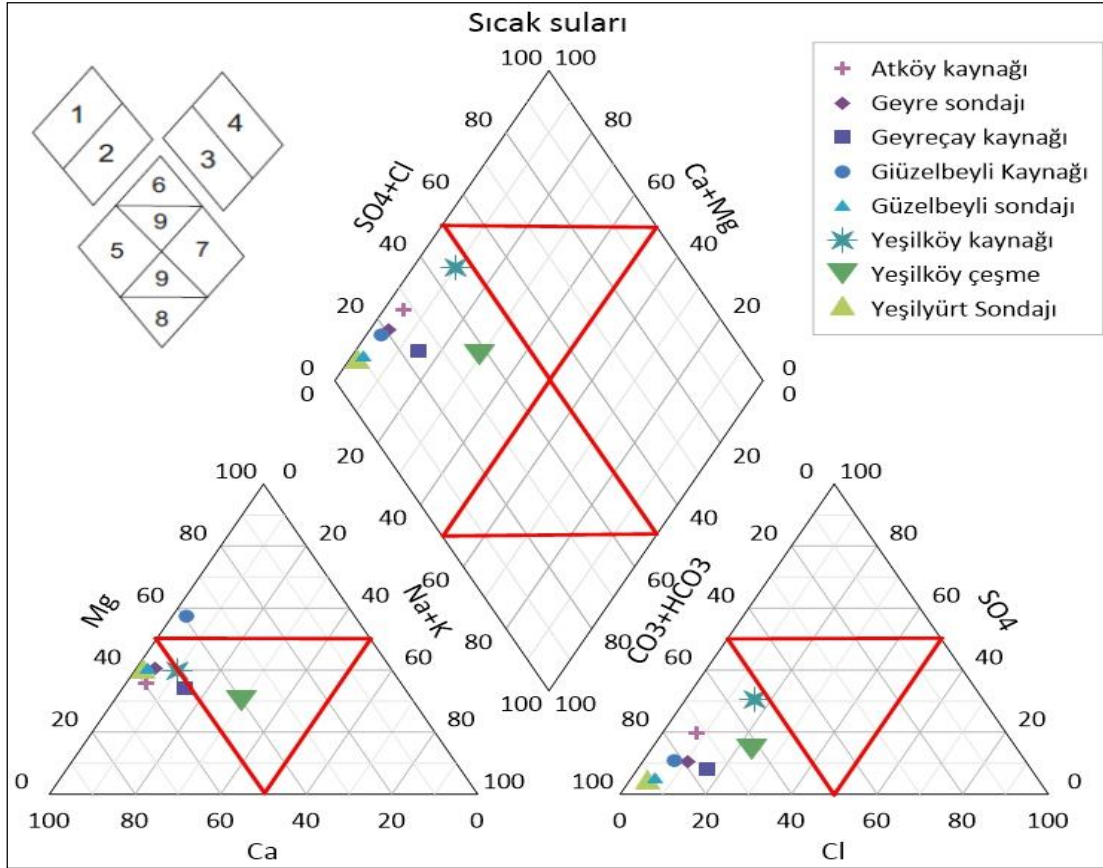
4.4.2.2. Piper diyagramı

Bu diyagram anyon ve katyonların %mek/l cinsinden ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgen ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların hidrokimyasal fasiyes tiplerinin görülmesinde, eşkenar dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Çalışma alanındaki sulardan alınan su örneklerinin Nisan 2025 ait analiz sonuçlarına göre piper diyagramı çizilmiştir.

Piper diyagramına göre sıcak sular 5. bölgeye düşmektedir (Şekil 4.23). 5.bölgede olup, karbonat sertliği>karbonat olmayan sertlik dir. Böyle sular Ca-HCO₃ ve CaMg-HCO₃ lı sulardır. Karbonat sertliği %50 den fazla olan sulardır (Şekil 4.37) (Çizelge 4.17).

Çalışma alanındaki soğuk sular 5.bölgede gruplanmış olup bölgede, karbonat sertliği>karbonat olmayan sertlik dir. Böyle sular Ca-HCO₃ ve CaMg-HCO₃ lı sulardır. Karbonat sertliği %50 den fazla olan sulardır (Şekil 4.38) (Çizelge 4.1817).

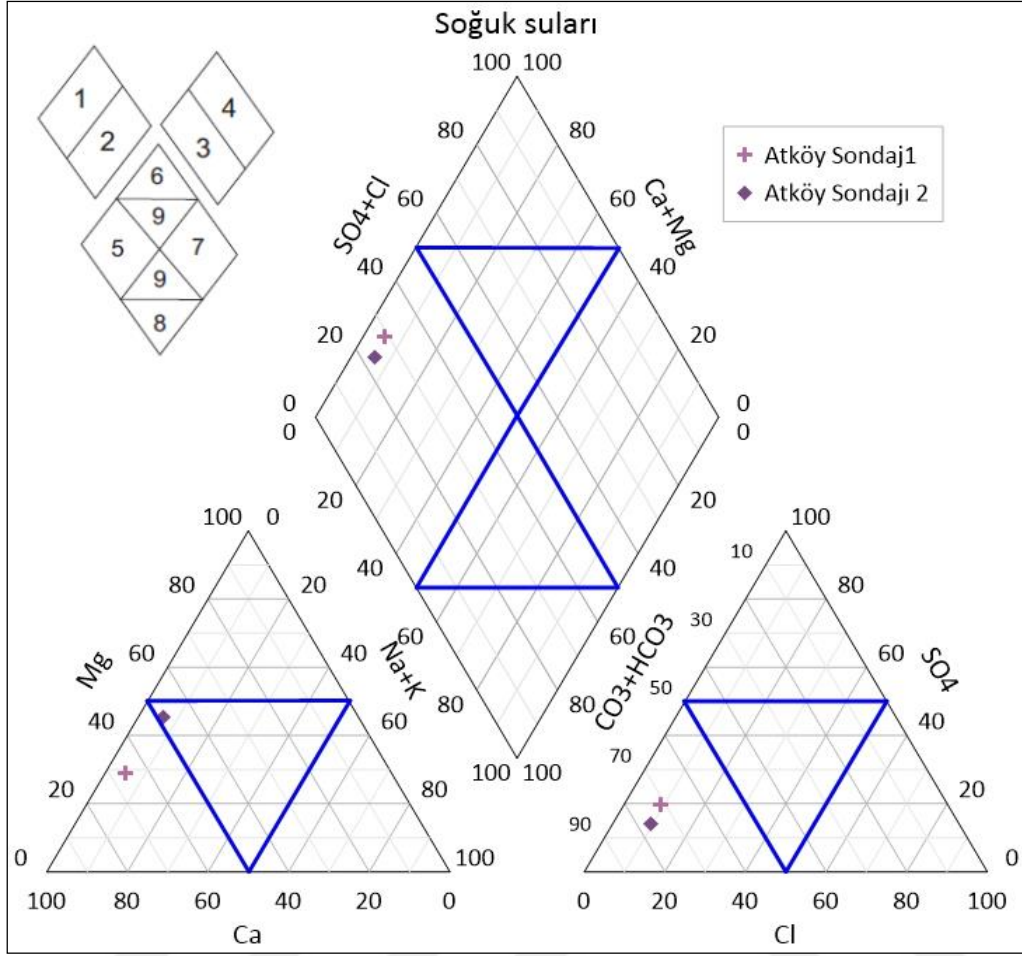
Tüm suları aynı bölgede kümelenmeleri bu suların benzer beslenme, dolaşım ve depolanım özelliklerine sahip oldukları anlamına gelmektedir. Bu sularda HCO_3 iyonunun baskın olması ve akiferinin karbonatlı kayaçlar olmasından kaynaklanmaktadır. Hidrokimyasal fasiyesler ve su tipleri genel olarak, çoğu örnek karbonat bakımından zengin oluşumlarda dolaşan sular için tipik olan Ca-HCO_3 veya Ca-Mg-HCO_3 tipi suları temsil etmektedir.



Şekil 4.49. Sıcak sular Piper diyagramı

Çizelge 4.18. İnceleme alanındaki sıcak suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l)

Örnek No	%rCa	%r(Na+K)	%rMg	%rCl	%rSO4	%rHCO3
Yeşilköy kaynağı	50.32	10.00	39.68	16.15	30.34	53.51
Yeşilköy çeşme	40.17	29.69	30.14	23.70	14.38	61.92
Atköy kaynağı	59.39	4.86	35.75	7.96	19.60	72.45
Geyreçay kaynağı	51.21	14.72	34.07	16.21	8.15	75.65
Geyre sondajı	55.10	4.31	40.59	10.54	10.30	79.16
Yeşilyürt Sondajı	58.57	2.27	39.16	4.43	3.76	91.81
Güzelbeyli Kaynağı	39.12	3.40	57.47	7.21	10.80	81.99
Güzelbeyli sondajı	56.70	2.79	40.51	5.41	5.21	89.38



Şekil 4.50. Soğuk sular Piper diyagramı

Çizelge 4.19. İnceleme alanındaki soğuk suların fizikokimyasal analiz sonuçları (%meq/l)

�rnek No	%rCa	%r(Na+rK)	%rMg	%rCl	%rSO4	%rHCO3
Atk�y Sondaj1	65.83	5.20	28.97	9.27	19.53	71.20
Atk�y Sondajı 2	48.67	6.15	45.18	9.40	14.13	76.46

4.4.2.3. AIH (International Union of Hydrogeologists) sınıflandırma

Suların fizikokimyasal tahlil sonuçları % meq/l ye çevrilmiştir. Sınıflamada önce sınır değerlerini aşan özel elemanlar, %20'yi aşan katyonlar, %20'yi aşan anyonlar, sıcaklık ve minerallilik sırasıyla yazılır. Buna göre çalışma alanındaki tüm suların AIH'a göre sınıflaması şöyledir (AIH 1979):

- Ataköy kaynağı, Geyreçay kaynağı, Geyre sondajı, Yeşilyurt Sondajı, Güzelbeyli sondajı: Kalsiyumlu, Magnezyumlu, Bikarbonatlı sıcak su
- Yeşilköy kaynağı: Kalsiyumlu, Magnezyumlu, Bikarbonatlı, Sülfatlı sıcak su
- Yeşilköy  eşme: Kalsiyumlu, Magnezyumlu, Bikarbonatlı Klorürlü sıcak su

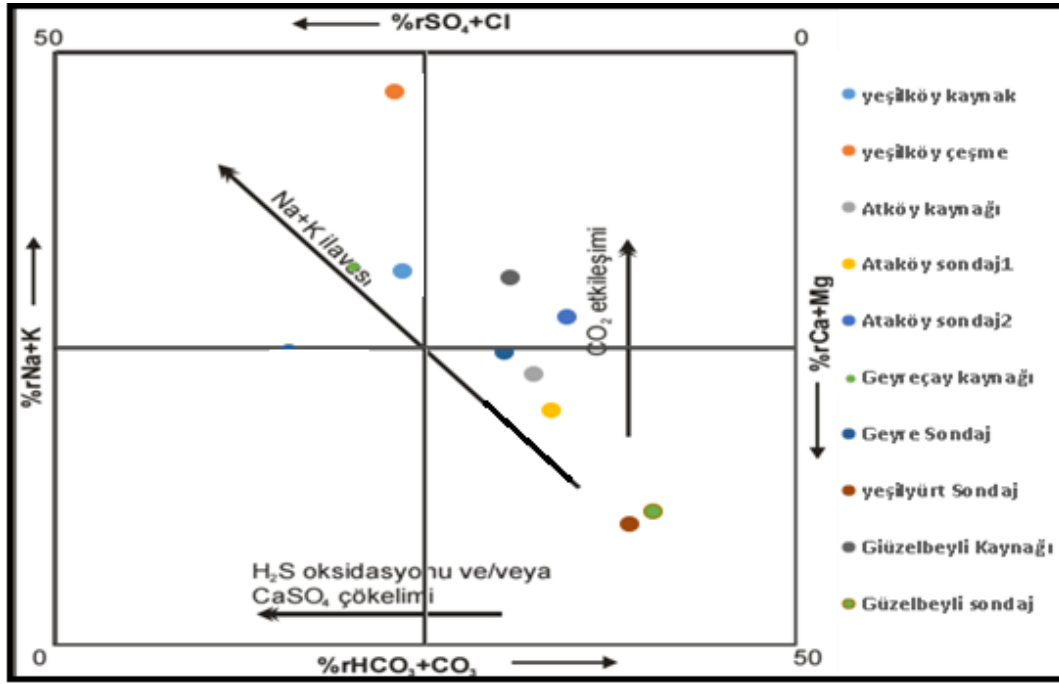
- Güzelbeyli Kaynağı: Magnezyumlu, Kalsiyumlu, Bikarbonatlı sıcak su
- Ataköy Sondaj1, Ataköy Sondajı 2: Kalsiyumlu, Magnezyumlu, Bikarbonatlı soğuk su

4.4.2.4. Hidrojeokimyasal süreçler

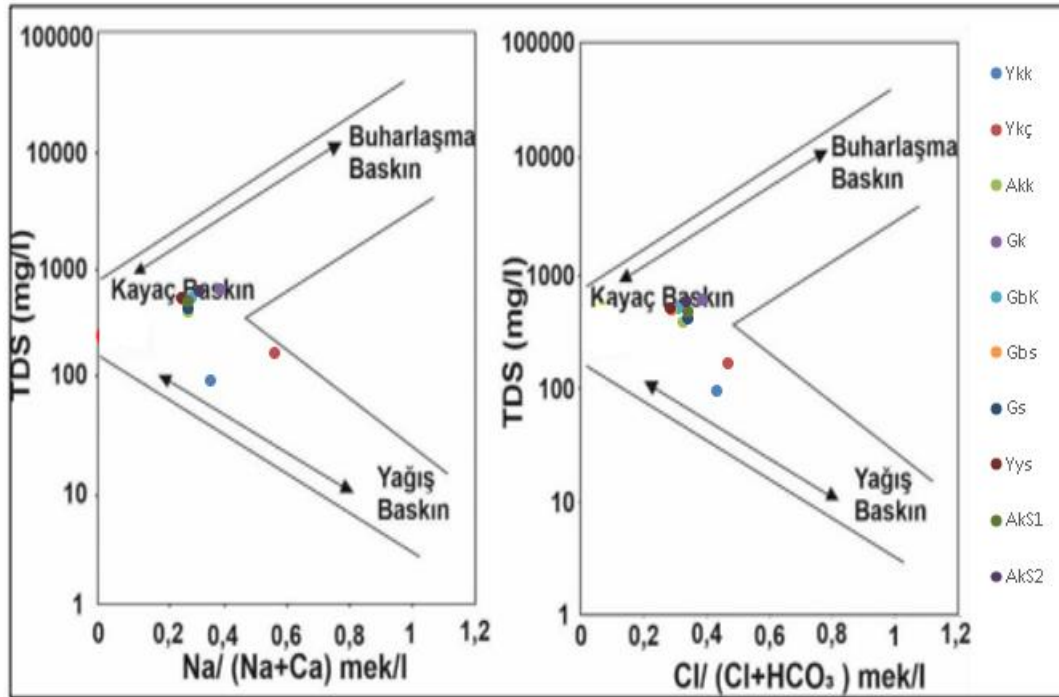
Suların majör iyon içerikleri kullanılarak akifer sistemde gerçekleşen jeokimyasal süreçlerin tanımlanması mümkündür. Tanımlamalarda farklı iyon oranları ve grafikler kullanılmaktadır. Bu süreçler akifer ortam veya suların etkileşimde oldukları kayaçların bileşimleri, kayaç ve mineraller ile karşılaşma sırası, minerallerin çözünürlüğü, sıcaklık vb. birçok faktöre bağlı olarak değişir (Freeze ve Cherry, 1979). Suların majör iyon içeriklerini denetleyen süreçlerin tanımlanmasında (Langelier-Ludwing 1942 ve Gibbs 1970) diyagramlarından yararlanılmaktadır yansira suda çözünmüş bileşenler arasındaki ilişkileri.

Çalışma alanında, Langelier-Ludwing (1942) numune noktaları çoğunlukla Ca-HCO_3 (tatlı yeraltı suyu) alanı ile Na-HCO_3 alanı arasındaki bir eğilim boyunca dağılmıştır ve sırasıyla jips/sülfat etkileşimi ve CO_2 zenginleştirme bölgelerine doğru küçük sapmalar vardır (şekil 4.25). Bu dağılım, karbonat ayrışması, ilerleyici katyon değişimi (Ca^{2+} - Na^+) ve derin dolaşımdaki jeotermal akışkanların bir miktar katkısından kaynaklanan baskın etkiyi göstermektedir. Yeraltı suyunun çoğunluğu, daha derin örneklerde katyon değişiminin ve CO_2 girişinin artan etkisi ile başta karbonat çözünmesi olmak üzere kaya-su etkileşimleri tarafından kontrol edilir (Şekil 4.51).

Gibbs (1970) diyagramı, inceleme alanındaki sular için genel tuzluluğun evrimini yansıtmaktadır. Gibbs diyagramı evaporasyonla kontrol edilen veya su-kayaç etkileşim süreçleriyle etkilenen sular arasındaki ayrımı yapmak için güzel birer olarak kullanılabilir. Gibbs (1970) diyagramına göre inceleme alanındaki suları hepsi kayaç hakim altında toplamaktadır (Şekil 4.52)



Şekil 4.53. Çalışma alanının suların Langelier-Ludwing diyagramı



Şekil 4.54. Çalışma alanının suların Gibbs diyagramı

4.5.Doygunluk İndeksi (SI)

Yeraltı suyundaki minerallerin doygunluk durumu, hidrojeokimyasal süreçleri anlamak için kritik bir parametredir. Çözünmüş türlerin iyonik aktivitesi ve bunların Gibbs serbest enerjisi ile ilişkisi tarafından yönetilir. Doygunluk İndeksi (SI), şu şekilde tanımlanır. Yeraltı suyu ve mineraller arasındaki termodinamik dengeyi ölçer.

$$SI = \log(Q/K),$$

Burada:

Q = iyon aktivitesi ürünü,

K = denge çözünürlük sabiti.

Doygunluk İndekslerinin Yorumlanması (Tarcan, 2003)

- **SI = 0:** Mineral-su dengesi (çözünme/çökme yok).
- **SI > 0:** Aşırı doygunluk (mineral çökmesi muhtemel).
- **SI < 0:** Doymamışlık (mineral çözünmesi mümkün).

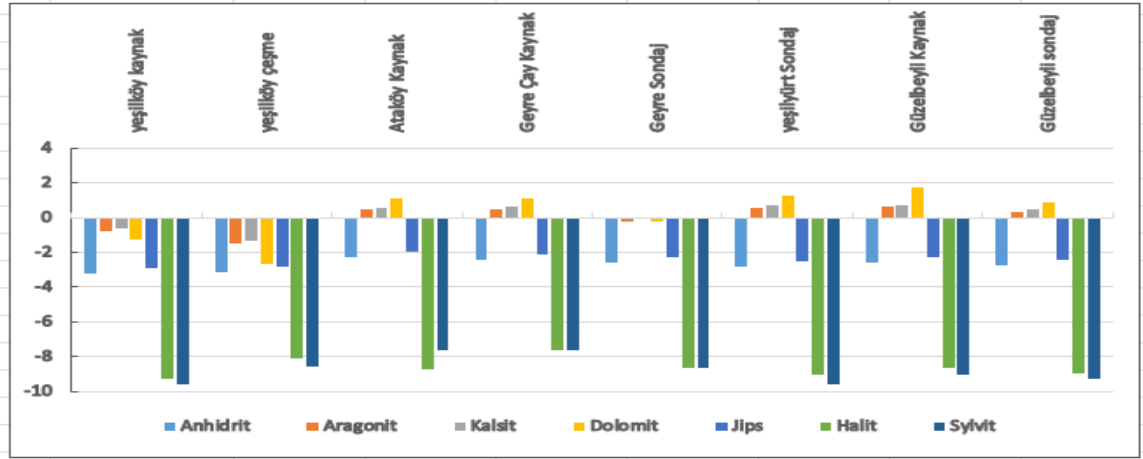
Çalışma alanına ait sıcak ve soğuk suları mineraller (Anhidrit, Aragonit kalsit, dolomit, jips, halit Silvit) için doygunluk indeksleri PHREEQC v3.0 (Parkhurst & Appelo, 2013) kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.20) (Çizelge 4.21). Sonuçlar, çalışma alanındaki soğuk ve sıcak suları birbirinden ayırmak için tablolar ve diyagramlar halinde görselleştirilmiştir. Denge koşulları (SI=0) mineral-su etkileşimlerini gösterir. Aşırı doygunluk (SI> 0) mineral birikimini (jeotermal sistemlerde ölçeklenmesi) gösterir. Doymamışlık (SI <0) reaktif sıvı yollarını (çözünmesi) ifade eder.

Bu analiz, yeraltı suyu evrimi, jeokimyasal kontroller ve jeotermal potansiyel hakkında önemli bilgiler sağlar. Doygunluk indeksi şu şekilde tanımlanır:

Yeşilköy kaynağı, Yeşilköy çeşme ve Geyre sondajı hariç tüm sular aragonit, kalsit, dolomit minerallerince doymun olup çökeltici özelliktedir. Çalışma alanına ait sıcak ve soğuk suları, anhidrit, jips, halit, silvit minerallerince doymun olmayıp çözüldürücü özelliktedir (Şekil 4.41) (Şekil 4.42). Bu mineraline doymun olmaması, su ve kayaç arasındaki temas süresinin kısalığı veya temas yüzeyinin daha az olmasından kaynaklanmaktadır (Şimşek 1995, Canik ve ark. 2000).

Çizelge 4.22. Çalışma alanındaki sıcak sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri

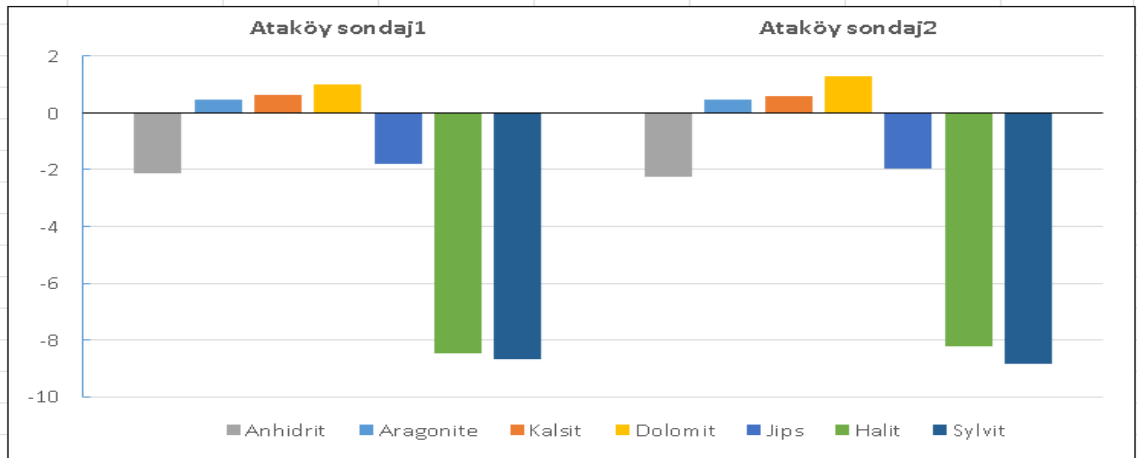
Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	İps	Halit	Sylvit
yeşilköy kaynak	-3.18	-0.75	-0.61	-1.21	-2.87	-9.27	-9.57
yeşilköy çeşme	-3.13	-1.48	-1.33	-2.67	-2.82	-8.09	-8.55
Ataköy Kaynak	-2.29	0.46	0.6	1.1	-1.98	-8.76	-7.61
Geyre Çay Kaynak	-2.45	0.46	0.61	1.14	-2.14	-7.64	-7.61
Geyre Sondaj	-2.56	-0.25	-0.1	-0.23	-2.25	-8.61	-8.66
yeşilyurt Sondaj	-2.85	0.53	0.68	1.29	-2.54	-9.08	-9.59
Güzelbeyli Kaynak	-2.55	0.61	0.75	1.78	-2.24	-8.67	-9.02
Güzelbeyli sondaj	-2.76	0.32	0.46	0.89	-2.45	-8.96	-9.28



Şekil 4.55. Çalışma alanındaki sıcak sulara ait minerallerin doygunluk grafiği

Çizelge 4.23. Çalışma alanındaki soğuk sulara ait minerallerin doygunluk indeksleri

Örnek No	Anhidrit	Aragonite	Kalsit	Dolomit	İps	Halit	Sylvit
Ataköy sondaj1	-2.12	0.48	0.62	0.99	-1.81	-8.47	-8.66
Ataköy sondaj2	-2.26	0.46	0.6	1.28	-1.96	-8.21	-8.85



Şekil 4.56. Çalışma alanındaki soğuk sulara ait minerallerin doygunluk grafiği

4.6. Jeotermometre Uygulamaları

Su kimyası verileri kullanılarak, rezervuar sıcaklıkları silika (SiO_2) ve katyon jeotermometreleri (Na-K, Na-K-Ca, K-Mg) kullanılarak hesaplanabilir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.25. Jeotermometreleri kullanılarak hesaplanabilir

Jeotermometreler	Eşitlik	Referans
SiO_2 (Kuars)	$T = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, 1977
SiO_2 (kuvars buhar kaybı)	$T = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Fournier, 1977
SiO_2 (kuvars buhar kaybı)	$T = 1498 / (5.7 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
Na/K (25-250 °C)	$T = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
Na/K (100-275 °C)	$T = 777 / (0.70 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Arnorsson vd., 1983
Na/K (100-275 °C)	$T = 856 / (0.857 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	Truesdell, 1976
Na/Ca	$T = 1096.7 / (3.08 - \log (\text{Na/Ca} \cdot 0.5)) - 273.15$	Tonani, 1980
K/Ca	$T = 1930 / (3.861 - \log (\text{K/Ca} \cdot 0.5)) - 273.15$	Tonani, 1980

4.6.1. Silika jeotermometreleri

Silis jeotermometreleri mineral çözünürlüğüne bağlı bir jeotermometredir. Silisin çözünürlüğü sıcaklık ve basınca bağlı olup silis jeotermometreleri rezervuar sıcaklığının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır. Silis jeotermometresine ait bağıntılar hazne kayanın sıcaklığına, sıcak suyun yeryüzüne doğru yükselirken soğumasına bağlı olarak oluşturulmuştur. Silisin sudaki çözünürlüğü başlıca sıcaklığa bağlıdır (Şahinci, 1991).

İnceleme alanındaki sıcak suların SiO_2 jeotermometrelerle yapılan hesaplamalara ait hazne kaya sıcaklık sonuçları Çizelge 4.22’de gösterilmektedir. Kuvars jeotermometrelerinin düşük sıcaklıklar vermesi sıcak suyun yüzeye çıkarken soğuk su karışım ve kondaktif soğuma ile silisini çöktürmesi ve buna bağlı olarak analizlerde düşük silis derişimi ölçülmesi olabilecektir. Kuvars jeotermometreleri tüm suları için geçerli değildir.

Çizelge 4.26. İnceleme alanındaki sıcak sulara ait jeotermometre sonuçları

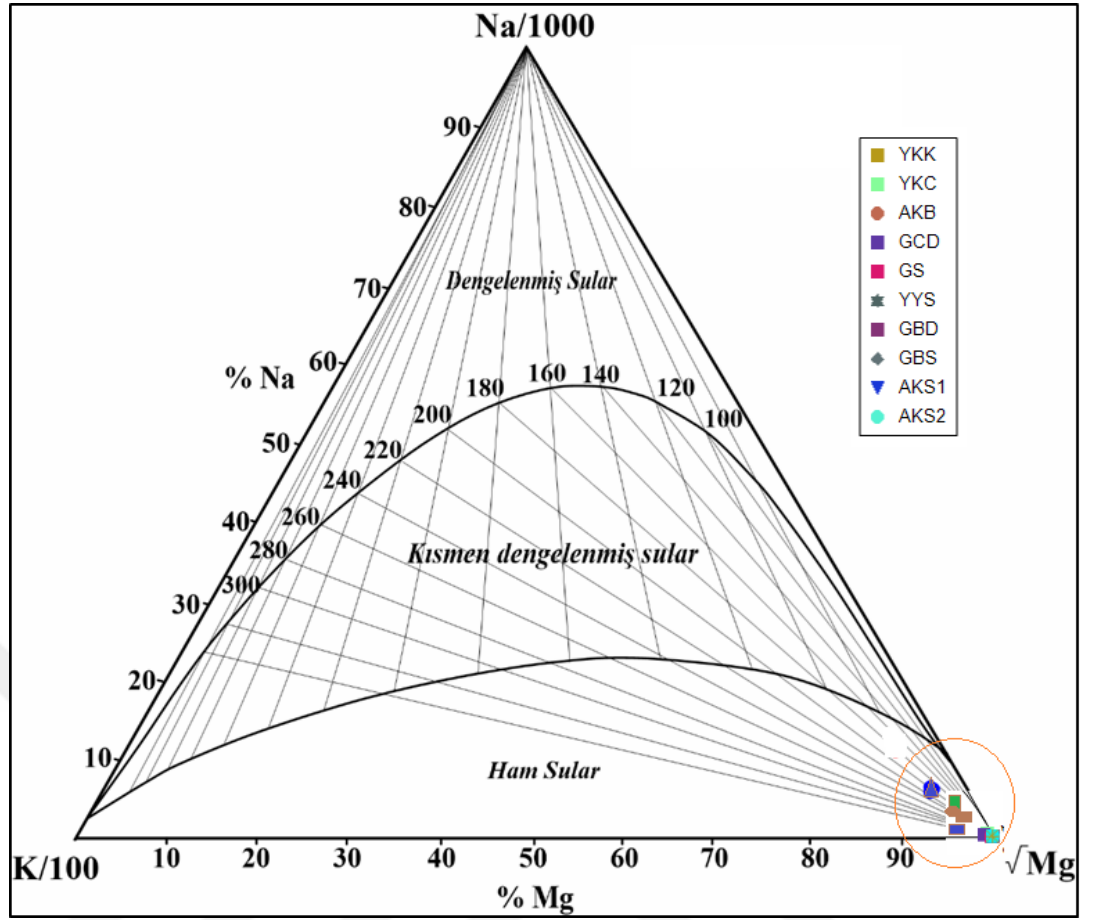
Yeşilköy kaynak (YKK) Yeşilköy çeşme (YKÇ) Ataköy kaynak (AKK) Geyre Çay kaynak (GÇK) Güzelbeyli kaynak (GBK) Geyre sondaj (GS) Yeşilyurt sondaj (YYS) Güzelbeyli sondaj (GBS)

Jeotermometreler	YKK	YKÇ	AKK	GÇK	GBK	GS	YYS	GBS
SiO ₂ (Kuars)	5	18	70	28	39	35	51	69
SiO ₂ (kuvars buhar kaybı)	26	39	90	49	60	56	71	89
SiO ₂ (kuvars buhar kaybı)	14	26	74	35	46	42	56	72
Na/K (25-250 °C)	268	234	347	354	257	328	225	264
Na/K (100-275 °C)	267	212	415	430	248	378	198	260
Na/K (100-275 °C)	263	214	392	405	247	361	201	257
Na/Ca	68	167	59	128	64	61	38	45
K/Ca	134	189	155	219	127	151	94	114

4.6.2. Katyon jeotermometreleri

Katyon jeotermometreleri iyon değişimine bağlı jeotermometrelerdir. Giggenbach (1998) tarafından oluşturulmuş olan Na-K-Mg üçgen diyagramı kullanılarak katyon jeotermometresinin rezervuar sıcaklığının hesabı için jeotermal akışkana uygulanıp/uygulanmayacağı, güvenilir sonuç verip/vermeyeceği belirlenebilir.

İnceleme alanındaki suların anyon ve katyon dağılımları Giggenbach 1991 diyagramı ile incelenmiştir. Giggenbach 1991 Na-K-Mg diyagramına göre tüm sıcak sular dengeye ulaşmamış sular (olgun olmayan sular) sınıfında yer almaktadır (Şekil 4.43.).

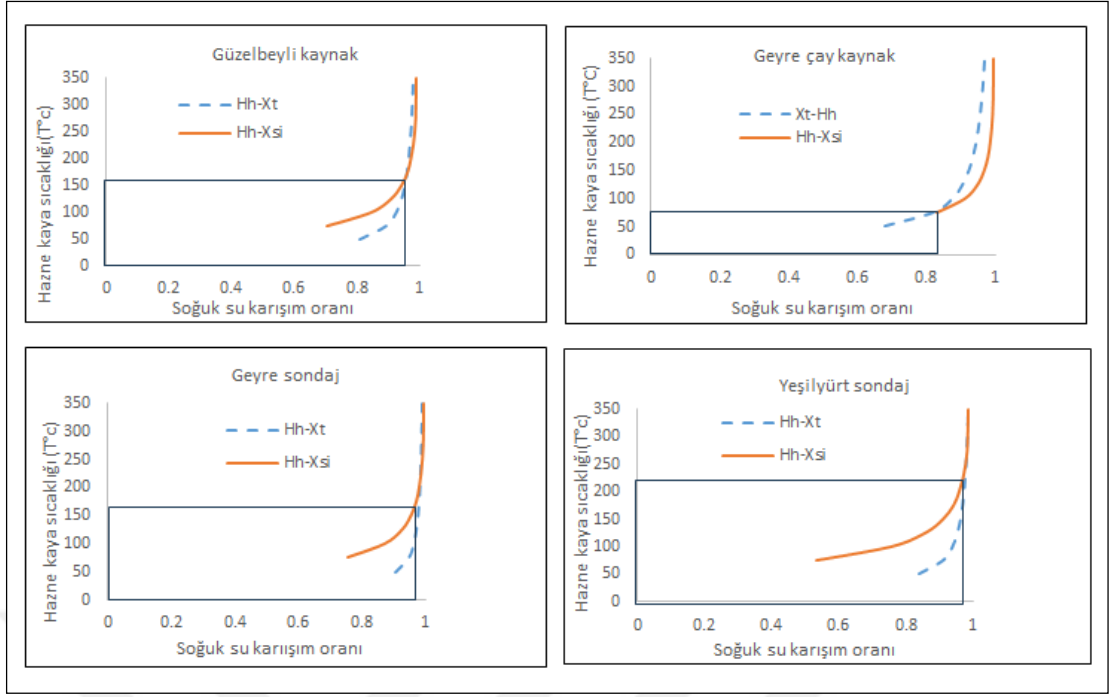


Şekil 4.57. İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların Na-K-Mg üçgen

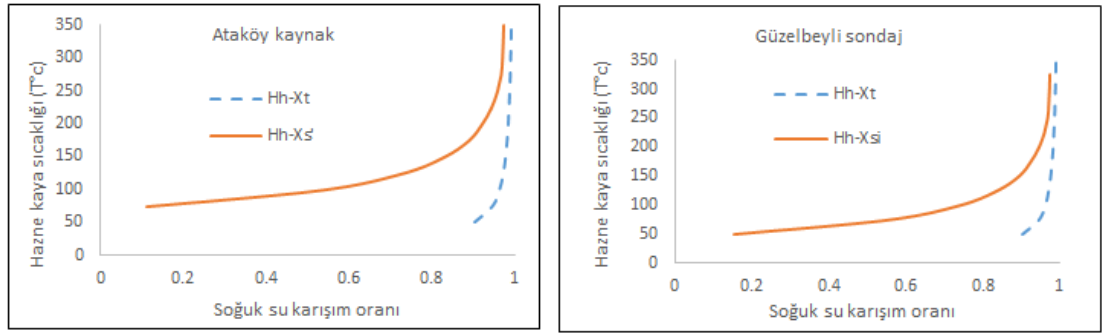
4.6.3. Karışım Modeli

İnceleme alanındaki sıcak ve soğuk suların rezervuar sıcaklığını belirlemek için SiO_2 – Entalpi karışım modeli uygulanmıştır. Sıcak ve soğuk su örnekleri ile 1 tane soğuk su örneğine ait SiO_2 ve entalpi değerleri ve SiO_2 –entalpi karışım grafiği kullanılarak rezervuar sıcaklığı belirlenmeye çalışılmıştır (Truesdell ve Fournier, 1977).

Silis-entalpi karışım jeotermometresinden inceleme alanındaki sıcak suların minimum ve maksimum sıcaklık değerleri 55 °C ile 220 °C olarak bulunmuştur ve soğuk su karışım oranı %85-98 (Şekil 4.44). Bazı sular eğriler kesişmemektedir bunun nedeniyle sıcak sudan bahar ayrılması veya yüzeye erişirken silis zenginleşmesidir (Şekil 4.45).



Şekil 4.58. Sıcak suların silis karışım modeline-entalpi-silis diyagramı



Şekil 4.59. İnceleme alanındaki eğriler kesişmemektedir sıcak sudan buhar ayrılması gösteriyor

4.7. Jeotermal Enerji Potansiyel

Jeotermal enerji, yer kabuğu içerisinde bulunan aşırı ısınmış kaya, yüksek sıcaklık ve basınçtaki su ve bunlardan oluşan buhar veya gaz gibi tüm maddelerin enerjisidir. Kısaca yer kabuğu içindeki yüksek ısıdan oluşan bir enerjidir.

Türkiye’de jeotermal potansiyelin önemli bir bölümü, genç tektonik hareketlerin ve buna bağlı olarak faaliyete geçen volkanizmanın yaygın olduğu Ege bölgesinde bulunmaktadır. Genç tektonik olaylar grabenlerin oluşmasına neden olmuştur (Göçmez 2013). Türkiye, jeotermal enerji açısından birer potansiyel oluşturan dünyadaki genç tektonik hatlar ve volkanizma kuşaklarından Alp-Himalaya kuşağına dâhildir (Şekil 4.46). Türkiye’nin neotektonik bölgeleri incelendiğinde, bunlardan en iyi tanınanı

şüphesiz, yerbilimleri ve jeotermal enerji konusunda sayısız araştırmaların yapıldığı Batı Anadolu grabenler bölgesidir. Bu bölgede 15 –20 milyon yıldan beri süren Ege'nin neotektonik evrimi içinde, tansiyon kuvvetlerinin etkisi ile doğu-batı yönlü grabenler ve ikincil normal faylar oluşmuş, kuzey-güney yönünde faylarla en az %30 yatay uzama göstermiştir (Şengör, 1978). Bu grabenlerin en önemlileri Büyük ve Küçük Menderes ile Gediz grabenleridir.



Şekil 4.60. Türkiye'deki ana tektonik hatlar ve sıcak suların dağılımı (Şimşek 2005)

Karacasu Grabeni, jeotermal aktivite açısından Batı Anadolu'da çok umut verici bir bölgede yer almaktadır. KG kuzeyde doğu-batı yönlü BMG'ye bağlı, kuzeybatı yönlü asimetrik bir grabenidir. Bu graben, muhtemelen Pliyosen döneminde Karacasu Fayı tarafından batı kenarı boyunca açılmıştır. KG'nın altında bulunan Menderes metamorfik kayalar, mika şistleri, kuvars şistleri, kuvarsitler, mermer ve kalkşistlerinden oluşmaktadır. Metamorfik kayaların üzerinde iki ana tortul kayaç birimi bulunmaktadır: Dandalas grubu (Damdere ve Karacaören formasyonları) ve Karacasu formasyonu.

KG'nın jeolojik özellikleri, olası bir jeotermal potansiyel için uygundur. BMG içinde Karacasu grabeninin çevresinde birçok başarılı jeotermal kuyu açılmış ve uzun süredir birçok jeotermal enerji santrali faaliyettedir. Bu durum, umut verici jeolojik özelliklerle birlikte yeni jeotermal keşiflerin olasılığını desteklemektedir (Şekil 4.61).

Bir bölgenin jeotermal potansiyeli temel olarak dört ana faktör tarafından belirlenir:

1. Isı kaynağı
2. Su Kaynağı (Isı transferi, su sirkülasyonu ve kırılma sağlayan aktif fayların)
3. Rezervuar kayaların (akiferler)

4. Örtük Kaya (kaya geçirimsiz veya zayıf geçirgenlikte olan kapak kayaların)

Bu 4 faktör mevcutsa, o bölgede jeotermal potansiyel beklenebilir.

4.7.1. Isı kaynağı

Batı Anadolu, uzamsal tektonik rejim, inceltilmiş kabuk ve yükseltilmiş manto nedeniyle Avrupa'nın en sıcak bölgelerinden biridir. BMG içinde, çalışma alanının kuzeyinde, 297°C'ye ulaşan jeotermal sular keşfedilmiştir (Tüysüz & Genç, 2015). Kanıtlanmış jeotermal alanlara yakın coğrafi konumu ve genç normal fayların varlığı nedeniyle, bu tür bir graben'de yüksek ısı akışı beklenebilir. Ancak, benzer çapraz grabenlerde (örneğin, Salihli kasabasının kuzeyindeki Demirciköy-Borlu graben) birçok jeotermal kaynak keşfedilmiştir.

4.7.2. Su Kaynağı (Isı transferi, su sirkülasyonu ve kırılma sağlayan aktif fayların)

Karacasu fayı, Karacasu Havzasının jeotermal potansiyeli açısından en önemli faydır. Bu fay, eğimli normal bir faydır ve segmentli bir yapıya sahiptir. Türkiye Aktif Fay Haritasına göre (Emre ve ark., 2011), Karacasu fayı muhtemelen aktif bir Kuvaterner fayıdır. Bu fayın güney segmenti boyunca gelişen bazı alterasyon bölgeleri, jeotermal suların fay boyunca dolaştığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, Karacasu Fayı, çalışma alanındaki jeotermal sistem için en güvenilir yapıdır.

Karacasu fayı boyunca oluşan faylar, Menderes Masifi ve/veya Likya Nappes'inde mermer ve kuvarsitlerin kırılma olasılığını gösterir ve jeotermal akışkanlar için potansiyel bir kanal sağlayabilir. Ancak, KG'da kuvarsit ve mermer birimlerinin kalınlıkları sınırlıdır. Kızıldere, Tekkehamam, Salavatlı, Umurlu, Kuyucak, Pamukören gibi bölgesel gelişmiş jeotermal alanlarda bulunan Menderes Masifi metamorfik tabanı, Neojen ve Pliyosen sedimanter dolgu ile örtüsüdür (Gökgöz, 1995; Süer, 2010).

4.7.3. Rezervuar kaya

Bazı metamorfik kayalar rezervuar olarak kabul edilebilir; mika şistleri, mermerler, kalsiyum şistleri, kuvars şistleri ve kuvarsitler, sistematik olarak kırık yapıları nedeniyle olası rezervuar kayalarındır. Karacasu'daki eski litolojik birimler, gelişmiş BMG jeotermal sistemlerine benzerdir. Kızıldere, Kuyucak ve Pamukkale gibi Büyük Menderes Graben'in kuzeyindeki bölgesel jeotermal gelişmeler, Menderes Masifi ve

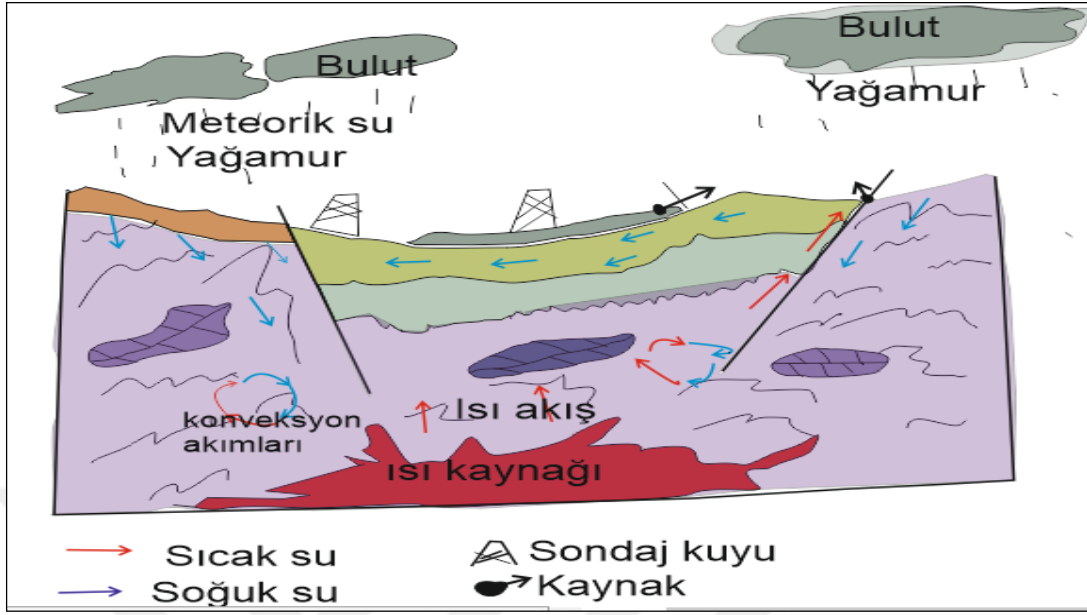
Likya Nappes Formasyonları'ndaki KB 'da da bulunan, daha derinlerdeki kırık, kırılğan mermerler, karstik mermerler, kırılğan kuvarsitler veya yüksek silisli gnays ve şistleri hedeflemektedir (Özgür, 2002; Gemici & Tarcın, 2002).

KB 'daki havza sedimanter dolgu serisi, büyük ölçüde gölsel çökeller ve stratigrafik olarak sınırlı akiferlerden (kumtaşları ve konglomeralar) oluşmaktadır. Daha sığ konglomeralardaki akış da bölgesel jeotermal projelerde hedeflenmektedir. Karacasu veya Damdere Formasyonlarının konglomeraları, geçirgen ise, jeotermal akışkanlar mevcutsa benzer bir yukarı akışa izin verebilir.

4.7.4. Örtük Kaya

Damdere ve Karacaören Formasyonlarının kiltaşları, killi kumtaşları içeren marnlar ve kireçtaşları nispeten geçirimsizdir ve uygun örtü kayaları olarak işlev görebilirler (Tüysüz & Genç, 2015). Temel şist de temel mermer ve/veya kuvarsit birimlerinde jeotermal akışkanlar varsa, doğal bir bariyer ve potansiyel geçirimsiz bir örtü görevi görebilir

4.7.5. Karacasu Jeotermal modeli



Şekil 4.62. Karacasu Jeotermal modeli

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

1-İnceleme alanında da temel kayalar olarak tanımlanan metamorfik birimlerin üzerine birbirinden uyumsuzluk ile ayrılan iki sedimanter istif gelir. Dandalas grubu olarak adlandırılan alttaki istif farklı kayaç topluluklarından oluşan iki litostratigrafi birimine ayrılmıştır. Temel kayaları üzerinde karasal çökeller (Damdere formasyonu) ile başlayan grup, yukarıya doğru görsel özellikler sunan bir birime (Karacaören formasyonu) geçer. Dandalas grubu; Karacasu formasyonu olarak isimlendirilen, kaba kırıntılı çökellerden oluşan bir başka birim tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Bölgedeki birimlerin bazı kısımları çeşitli alanlarda güncel alüvyonlar ile örtülür.

2-Çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık -3,8°C-29,7 °C arasında, yıllık ortalama yağış miktarı 90 ile 168 mm, buharlaşma-terleme miktarı (Etpc) 895 mm, gerçek buharlaşma-terleme miktarı (Etr) 418 mm olarak hesaplanmıştır.

3-Çalışma alanında Karacaören, Paleozoyik metamorfikler (mermerler, şistler ve fillitler) geçirimsiz, Paleozoyik yaşlı Damdere formasyonu az geçirimli alüvyon ve kireçtaşları ve alüvyon ise geçirimli birimdir.

4- Soğuk sular, sondaj kuyu sularında yapılan ölçümler sonucunda statik seviyenin 60-130 m arasında ve debisinin ise 18-38 l/s arasında olduğu tespit edilmiştir. Kuyuda yapılan fiziksel ölçümlere göre sıcaklık 18-19 °C, Ph, 7-8, elektriksel iletkenlik (EC) 450-470 µS/cm, TDS değeri ise 220-230 ppm arasındadır.

5-Sıcak su sondaj kuyularının derinliği 145-160 metre olup statik su seviyesi 60-90 metre olarak ölçülmüştür. Debi 27-100 l/s arasında, sıcaklığı 22-24 °C, Ph 7-8, EC 650-750 µS/cm ve TDS yaklaşık 200 ppm'dir. Sondajlar alüvyon içinde açılmıştır. Kaynak suyu sıcaklığı 24 -29°C, Ph 8, EC 510-1100 µS/cm ve TDS 250 ppm dir.

6-Schoeller diyagramına göre tüm sıcak su kaynak örneklerine ait iyonları birleştiren doğrular kesişen yaklaşık paralel olup aynı kökenlidir.

7- İyonların sıralanışı $rCa > rMg > r(Na+K)$, $RHCO_3 > RSO_4 > rCl$ şeklindedir. Piper diyagramına göre tüm sular 5. Bölgeye düşmektedir. 5.bölgede olup, karbonat sertliği>karbonat olmayan sertlik dir. Böyle sular Ca-HCO₃ ve CaMg-HCO₃ lı sulardır. Karbonat sertliği %50 den fazla olan sulardır.

8-Çalışma alanına ait sıcak ve soğuk sular Yeşilköy kaynağı, Yeşilköy çeşme ve Geyre sondajı hariç aragonit, kalsit, dolomit minerallerince doymun olup çökteltici özelliktedir. Tüm suları, anhidrit, jips, halit, silvit minerallerince doymun olmayıp çözündürücü özelliktedir.

9-Sıcak sularda hazne kaya sıcaklığı 167-380 °C arasındadır.

10- Giggenbach (1988)' ın Na-K-Mg birleşik üçgen diyagramına göre inceleme alanındaki sıcak sular olgun olmayan ham sular bölgesinde kalmaktadır. Bu durum sıcak ve soğuk suların yeryüzüne doğru çıkarken soğuk sularla karıştığını ve soğuduğunu göstermektedir.

11-Karışım modellerine göre çalışma alanındaki sıcak sularda soğuk su karışım oranı %85-98. Bazı sıcak sulara ait silis ve sıcaklık eğriler kesişmemesi sıcak sudan bahar ayrılması veya yüzeye erişirken silis zenginleşmesinden dolayıdır.

12-Karacasu graben'nin jeolojik jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri, olası bir jeotermal potansiyel için uygundur. BMG içinde Karacasu grabeninin çevresinde birçok başarılı jeotermal kuyu açılmış ve uzun süredir birçok jeotermal enerji santrali faaliyettedir. Bu durum, umut verici jeolojik özelliklerle birlikte yeni jeotermal keşiflerin olasılığını desteklemektedir.

5.2. Öneriler

Jeofizik Araştırmalar

1. Akışkan yollarıyla bağlantılı iletken bölgeleri haritalamak için Manyetotellürik (MT)
2. Rezervuar derinliklerindeki fay geometrilerini çözmek için sismik yansıma

İzotopik Çalışmalar

1. $\delta^{18}\text{O}$,
2. Yaş tayini için ^3H

Arama Sondajı

1. Sıcaklık gradyanlı kuyular

6.KAYNAKLAR

- Açıklan, S., 2005. "Karacasu Çapraz Grabeni'nin (Aydın-Batı Anadolu) Sedimanter Evrimi", Yüksek Lisans Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel Jeoloji Bilim Dalı*, Eskişehir, 138 s.
- Alçıçek, H., Jiménez-Moreno, G., 2013, Late Miocene to Plio-Pleistocene fluvio-lacustrine system in the Karacasu Basin (SW Anatolia, Turkey): Depositional, paleogeographic and paleoclimatic implications. *Sedimentary Geology*, 291, 62-83 s.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H. 1983, The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47(3), 567-577 s.
- Arnorsson, S., Andresdottir, A. 1995, Processes controlling the distribution of boron and chlorine in natural waters in Iceland *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 20(59), 4125-4146 s.
- Angelier, J., Dumont, J.F., Karamandereci, H., Poisson, A., Şimşek, Ş., Uysal, SŞ., 1981, Analysis of fault mechanisms and expansion of South western Anatolia since Late Miocene, *Tectonophysics*, 75(3-4), T1-T9 s.
- Bozkurt, E., Oberhänsli, R., 2001, Menderes Massif (Western Turkey): Structural, metamorphic and magmatic evolution -A synthesis, *International Journal of Earth Sciences* 89(4), 679-708 s.
- Canik, B., Çelik, M., Arıgün, Z., 2000, Jeotermal Enerji. A.Ü.F.F. *Döner Sermaye İşletmesi Yayınları*, No:59, Ankara, 60 s.
- Dağ, F., 1990, Aydın-Karacasu-Dandalas ÖİR:2085 No'lu kükürt sahasının maden jeolojisi raporu, *MTA Raporu*, Derleme No: 8959, 11 s.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., 2011, 1:250.000 scale active fault map series of Turkey, Denizli (NJ 35-12) quadrangle, Serial number 12, *General Directorate of Mineral Research and Exploration* , Ankara, Turkey.
- Ellis, A.I., 1979, Chemical geothermometry in geothermal systems, *Geothermics*, 25, 219-226 s.
- Ersoy, R., 1957, Geyre ovası hidrojeolojik raporu, *MTA Raporu*, Derleme No:2718, 10 s.
- Freze, R.A., Cherry, J.A. 1979, Groundwater, *Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs*, 07632, NJ, 604 s.
- Gemici, Ü., & Tarcan, G. 2002, Distribution of boron in thermal waters of western Anatolia, Turkey, and examples of their environmental impacts, *Environmental Geology*, 43, 87-93 s.
- Gibbs, R.J. 1970, Mechanisms controlling world water chemistry, *Science*, 170,1088–1090 s.

Giggenbach, W. F., 1989, Collection and analysis of geothermal and volcanic water and gas discharges, *Chem. Div. DSIR Rept.*, 2401, 81 s.

Göçmez, G., Kara, İ., Nalbantçılar, M.T., Güzel, A. 2005, Konya'daki Sıcak ve Mineralli Suların Hidrokimyasal Özellikleri. II., *Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu*, İzmir, 21-132 s.

Gökgöz, A., 1995, Geochemistry of the Kizildere-Tekkehamam-Buldan-Pamukkale Geothermal Fields, Turkey, Reykjavik, Iceland, *Geothermal Training Programme, Reports 1998*, Number 5.

Harita Genel Komutanlığı, 1996, 1/25000 ölçekli topografik haritanın Denizli M21d1-M21d2 paftaları, MTA.

IAH (International Association of Hydrogeologist) 1979, Map of mineral and thermal water of Europe, Scale 1:500000, *International Association of Hydrogeologist*, London.

Karahan, C., Yildirim, N., & Atac, T. 2015, Production and Re-injection Strategies at Celikler Holding First 45 GPP on Pamukören-Aydin Geothermal Field, *Proceedings World Geothermal Congress*, Melbourne, 1-8 s.

Kastelli, M., 1971, Denizli-Sarayköy-Çubukdağ-Karacasu alanı jeoloji incelemesi, *MTA Raporu*, Derleme, No: 2532, 32 s.

Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. and Bozkurt, E., 1999, Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey, *Journal of the Geological Society*, London, 156, 605-616 s.

Konak N., ve Göktaş F., 2004, 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Denizli M21 paftası, MTA.

Langelier, W.F., Ludwig, H.F. 1942, Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters, *Journal Amer Water Works Assoc.*, 34, p.335-352 s.

Nebert, K., 1955, Bozdoğan ve Karacasu'daki genç Neojen körfezleri, *MTA Raporu*, Derleme, No. 2511, 14 s.

Ocakoğlu, F., Dirik, K., Açıkalın, S., Akan, S., Demirtaş, R., Özsayın, E., 2005, Karacasu ve Bozdoğan çapraz grabenlerinin (Batı Anadolu) stratigrafik, *Sedimentolojik ve Tektonik evrimi*, *Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu*, 1. Dönem Gelişme Raporu, 52 s,

Özgür, N., 2002, Geochemical Signature of the Kizildere Geothermal Field, Western Anatolia, Turkey, *International Geology Review*, 44(2), 153-163 s.

Piper, A.M., 1944, A Graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, *Transactions, American Geophysical Union*, 25, 914-23 s.

Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J. 1999, User's Guide to PHREEQC (Version 2-A) Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations, *U.S. Geological Survey Water Resources Investigations*.

Schoeller, H., 1965, Hydrodynamique dans les artésiens (écoulement emmagasiné), *Actes Colloques Doubronik, I, AIHS et UNESCO*, 3-20 s.

Seyitoğlu, G., Işık, V., Çemen, İ., 2004, Complete Tertiary exhumation history of the Menderes massif, Western Turkey: an alternative working hypothesis. *Terra Nova*, 16, 163-165 s.

Şahinci, A. 1991b, Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri, *Reform Matbaası*, No.37/4, İzmir, 249 s.

Şengör, A. M. C., 1987, Cross-fault and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, Continental extensional tectonics, M. P Coward, J. F Dewey, P. L Hancock, (Eds.), *Geological Society Special Publication*, 28, 575-589.

Şimşek, Ş. ve Yılmaz, S., 1977, Nazilli-Kuyucak-Yenice (Karacasu) alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları, *MTA Raporu*, Derleme No: 6422, 49 s.

Şimşek, Ş. 1995, Sıcak ve Mineralli sular, *Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Ders Teksirleri, No:16, Ankara, 83 s.

Şimşek, C. 2005, Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği, *Türk Tesisat Kongresi, TESKON-2005*, Jeotermal Seminer Kitabı, 361-368, 23-26 s.

Tarcan, G. 2002, Jeotermal Su Kimyası, *Jenarum Yaz Okulu*, 11-21 Haziran 2002, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, İzmir, 198-245 s.

Tüysüz, D., & Genç, D. C., 2015, Geology of the Karacasu Basin, Aydın Province.

Truesdell, A.H. and Fournier, R.O., 1977, Procedure for estimating the temperature of a hot water component in a mixed water by using a plot of dissolved silica versus enthalpy, *Journal of Research of the US Geological Survey*, 58 (1), 49-52 s.

Yılmaz, Y., 2000, Ege bölgesinin aktif tektoniği, *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, 3-14 s.

Yanmaz, M.N., 1996, Aydın-Sultanhisar-Salavatlı sahası jeotermal enerji hammaddeleri aramaları yüksek ayrımlı sismik etüd raporu, *MTA Genel Müdürlüğü*, Derleme No: 43389, 15 s.

