

166633

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERGENE HAVZASI ÇORLU-ÇERKEZKÖY ARASINDAKİ  
KESİMİNİN HİDROJEOLJİSİ

DOKTORA TEZİ  
Y. Müh. Orhan ARKOÇ  
505982112

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 2 Mayıs 2005  
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Mayıs 2005

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Mustafa ERDOĞAN  
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Erdoğan YÜZER (İ.T.Ü.)  
Prof.Dr. Derin ORHON (İ.T.Ü.)  
Prof.Dr. Turgut ÖZTAŞ (M.S.Ü.)  
Prof.Dr. Remzi KARAGÜZEL (S.D.Ü.)

MAYIS 2005

## ÖNSÖZ

“Ergene Havzası, Çorlu –Çerkezköy Arasındaki Kesiminin Hidrojeolojisi” adlı bu tezin hazırlanmasında tavsiyeleri, yol göstericiliği ve danışmanlığının yanı sıra her türlü desteği ve yardımını benden esirgemeyen, çalışmalarım boyunca katkı sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa ERDOĞAN’a çok teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında katkı ve desteklerini aldığım Sayın Prof. Dr. Erdoğan YÜZER ve Sayın Prof. Dr. Derin ORHON’a engin bilgi birikimi ve deneyimlerini benimle paylaşan Sayın Prof. Dr. Turgut ÖZTAŞ’a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca İTÜ Maden Fakültesi akademik ve idari personeline de tüm çalışmalarım boyunca göstermiş oldukları dostça yaklaşım ve yardımları için teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen, DSİ 11. Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve YAS Şubesi Müdürü Sayın Jeo. Yük Müh. Osman CANDEĞER’e, Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürü Sayın Yük Müh. A. Sina MESTA’ya, tüm DSİ personeline ve TPAO Arama Grubundan Sayın Yük. Müh. Hasan EMİROĞLU’na, Susan ve Armasan Sondaj Sanayi personeline, Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı çalışanlarına, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Korteş UYMAZ’a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasemin BAKIRCIOĞLU’na, Sayın Araş. Gör. Dilek BAKIRCIĞOLU’na, arazi çalışmalarında yardımcı olan yöre halkına ve adlarını açıklayamadığım herkese teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca arkadaşım Babür BİRANIL’a, kardeşim İnş. Yük. Müh. Tolga ARKOÇ’a, çalışmalarım boyunca bana daimi destek olan Esra ŞİRİN’e yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim yaşamım ve çalışmalarım boyunca beni sürekli destekleyen ve cesaretlendiren aileme teşekkürlerim bu satırlara sığmaz.

Mayıs, 2005

Orhan ARKOÇ

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>x</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xi</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. İNCELEME ALANININ TANITIMI</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Coğrafi Durum</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Morfoloji ve Bitki Örtüsü</b>	<b>4</b>
<b>2.3 İklim ve Meteoroloji</b>	<b>5</b>
2.3.1 Yağış, sıcaklık ve buharlaşma	6
2.3.2 Meteorolojik su bilançosu	8
<b>3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b>	<b>10</b>
<b>4. ERGENE YERALTISUYU HAVZASI JEOLJİK ÖZELLİKLERİ</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Bölgesel Jeolojik Özellikler</b>	<b>15</b>
4.1.1 Ergene Havzası stratigrafik özellikleri	16
4.1.1.1 Metamorfik temel ve magmatik kayalar	16
4.1.1.2 Üst Kretase tortulları	17
4.1.1.3 Hamitabat Formasyonu (Teh, Orta-Üst Eosen)	17
4.1.1.4 Koyunbaba Formasyonu (Tei, Orta-Üst Eosen)	17
4.1.1.5 Soğucak volkanikleri (Tev, Orta-Üst Eosen)	18
4.1.1.6 Soğucak Formasyonu (Tek, Orta-Üst Eosen)	18
4.1.1.7 Ceylan Formasyonu (Tec, Orta-Üst Eosen)	18
4.1.1.8 Mezardere Formasyonu (Tom, Orta-Üst Eosen)	19
4.1.1.9 Osmancık Formasyonu (Tos, Orta-Üst Oligosen)	19
4.1.1.10 Danişmen Formasyonu (Tod, Orta-Üst Oligosen)	19
4.1.1.11 Ergene grubu (Tme, Üst Miyosen)	20
4.1.1.12 Alüvyon (Qa, Kuvaterner)	20
4.1.2 Ergene Havzası tektonik özellikleri	20

<b>4.2 İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri</b>	<b>22</b>
4.2.1 Tekedere grubu (Pzt, Palezoyik)	24
4.2.2 Kızılağaç metagraniti (Pkk, Paleozoyik)	24
4.2.3 İslambeyli Formasyonu (Tei, Ort-Üst Eosen)	24
4.2.4 Kırklareli Kireçtaşı (Tek, Orta-Üst Eosen)	25
4.2.5 Pınarhisar Formasyonu (Top, Orta-Üst Oligosen)	27
4.2.6 Danişmen Formasyonu (Tod, Orta-Üst Oligosen)	28
4.2.7 Ergene Formasyonu (Tme, Üst Miyosen)	29
4.2.8 Kurtdere üyesi (Tmk, Üst Miyosen)	30
4.2.9 Sinanlı Formasyonu (Tms, Üst Miyosen)	31
4.2.10 Trakya Formasyonu (Tnt, Pliyosen)	31
4.2.11 Karatepe bazaltı (Qk, Kuvaterner)	32
4.2.12 Alüvyon (Qa, Kuvaterner)	32
<b>4.3 Yapısal Jeoloji</b>	<b>33</b>
4.3.1 Tabakalar ve kıvrımlar	33
4.3.2 Faylar ve çatlaklar	33
<b>4.4 Jeolojik Evrim</b>	<b>33</b>
<b>5. ÇORLU-ÇERKEZKÖY KESİMİNİN HİDROJEOLOJİSİ</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Akarsular, Kuru Dereler</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Su Noktaları, Kaynaklar, Kuyular</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Sondaj Kuyuları</b>	<b>36</b>
<b>5.4 Jeohidrolik Ortamlar</b>	<b>38</b>
5.4.1 Geçirimsiz ortam (Gz)	39
5.4.2 Yarıgeçirimsiz ortam (gz)	39
5.4.3 Yarıgeçirimli ortam (gç)	40
5.4.4 Geçirimli ortam (Gç)	40
<b>5.5 Hidrojeolojik Ortamlar</b>	<b>41</b>
5.5.1 Akiferler (Sutaşlılar)	41
5.5.2 Akitardlar (Yarı sutaşlılar)	41
<b>5.6 Ergene Akiferinin Çorlu-Çerkezköy Kesimindeki Hidrojeolojik Özellikleri.</b>	<b>42</b>
5.6.1 İnceleme alanında yeraltı su düzeyi değişimi	42
5.6.2 Hidrolik eğim ve yeraltısuyu akışı	43
5.6.3 Jeohidrolik parametreler	44

5.6.4 Yeraltısuyu beslenimi	49
5.6.5 Yeraltısuyu yıllık emniyetli verimi	51
<b>5.7 Çorlu – Çerkezköy Kesimi Ayrıntılı Hidrojeolojik Modeli</b>	<b>51</b>
5.7.1 Çorlu araştırma alanı hidrojeolojik modeli	52
5.7.2 Çerkezköy araştırma alanı hidrojeolojik modeli	54
<b>6. YERALTISUYU KİMYASI VE GÜNCEL NİTELİĞİNDEKİ ETKENLER</b>	<b>57</b>
<b>6.1 Su Kimyası</b>	<b>58</b>
6.1.1 İnceleme alanı sularının içilebilirlik niteliği	60
6.1.2 İnceleme alanı sularının sulama suyu niteliği	62
<b>6.2 İnceleme Alanı Suları Kimyasal Bileşiminin Litoloji ile İlişkisi</b>	<b>65</b>
<b>6.3 İnceleme Alanı Sularının İçme, Sulama ve Kullanma Suyu Olarak İrdelenmesi</b>	<b>69</b>
<b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>81</b>
<b>EKLER</b>	<b>84</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>144</b>

## KISALTMALAR

<b>DMİ</b>	: Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>TPAO</b>	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
<b>KH</b>	: Köy Hizmetleri
<b>K</b>	: Özel sondaj kuyusu
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>EPA</b>	: Environmental Protection Agency (ABD, Çevre Koruma Ajansı)
<b>WHO</b>	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
<b>OSB</b>	: Organize Sanayi Bölgesi
<b>K</b>	: Kuzey
<b>G</b>	: Güney
<b>D</b>	: Doğu
<b>B</b>	: Batı

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 2.1</b> : Penman yöntemi ile hazırlanmış meteorolojik su bilançosu.....	8
<b>Tablo 4.1</b> : Ergene Havzasında belirlenen formasyonlara ait adlamalar ve bunların eşleşmeleri.....	16
<b>Tablo 5.1</b> : İnceleme alanında belirlenmiş güvenilir sondaj kuyuları ve bunlara ait bilgiler.....	37
<b>Tablo 5.2</b> : Jeohidrolojik ortamlar ve özellikleri (Öztaş, 1998).....	39
<b>Tablo 5.3</b> : Ergene Akiferi 1969 yılı yeraltısuyu potansiyeli (Beslenme=%100 boşalım).....	48
<b>Tablo 5.4</b> : Ergene Akiferine ait karakteristik özellikler 1969).....	50
<b>Tablo 5.5</b> : Çorlu bölgesi hidrojeolojik panel diyagramına göre litoloji-jeohidrolik ortam ilişkisi ve tanımları.....	53
<b>Tablo 5.6</b> : Çerkezköy bölgesi hidrojeolojik panel diyagramına göre litoloji-jeohidrolik ortam ilişkisi ve tanımları.....	55
<b>Tablo 6.1</b> : Düzenli örnekleme yapılan sondaj kuyuları ve akarsu noktaları Tablosu.....	57
<b>Tablo 6.2</b> : Gözlem kuyuları ve akarsu noktalarında yapılan analizler.....	58
<b>Tablo 6.3</b> : İnceleme alanı su örneklerinin analiz sonuçları, Eylül 2003.....	61
<b>Tablo 6.4</b> : Araştırma alanı yeraltısuları Scofield sınıflaması.....	65
<b>Tablo 6.5</b> : İnceleme alanı yeraltısularının hidrokimyasal fasiyesleri.....	68
<b>Tablo 6.6</b> : İnceleme alanı yeraltısularında TS 266 ve EPA limitlerini aşan iyonlar.....	73
<b>Tablo A.1</b> : GK-01 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	130
<b>Tablo A.2</b> : GK-02 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	130
<b>Tablo A.3</b> : GK-03 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	131
<b>Tablo A.4</b> : GK-04 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	131
<b>Tablo A.5</b> : GK-05 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	132
<b>Tablo A.6</b> : GK-06 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	132
<b>Tablo A.7</b> : GK-07 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	133
<b>Tablo A.8</b> : GK-08 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	133
<b>Tablo A.9</b> : GK-09 kuyusu iyon analiz sonuçları.....	134
<b>Tablo A.10</b> : GK-01 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	134
<b>Tablo A.11</b> : GK-02 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	135
<b>Tablo A.12</b> : GK-03 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	135
<b>Tablo A.13</b> : GK-04 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	136
<b>Tablo A.14</b> : GK-05 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	136
<b>Tablo A.15</b> : GK-06 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	137
<b>Tablo A.16</b> : GK-07 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	137
<b>Tablo A.17</b> : GK-08 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	138
<b>Tablo A.18</b> : GK-09 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları.....	138

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
<b>Şekil 2.1</b>	: Araştırma alanı (Çorlu-Çerkezköy Kesimi) yer bulduru haritası 4
<b>Şekil 2.2</b>	: Çerkezköy ve Çorlu devlet meteoroloji istasyonları verilerine göre ortalama yağışın ve ortalama yağıştan eklenik sapmanın 1984–2001 döneminde aylık değişimi..... 6
<b>Şekil 2.3</b>	: Çorlu devlet meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama yağışın ve ortalama yağıştan eklenik sapmanın yıllık değişimi.... 7
<b>Şekil 2.4</b>	: Meteorolojik su bilançosu diyagramı (P-Er-Ep değişimi grafiği).. 9
<b>Şekil 4.1</b>	: Ergene Formasyonu kalınlık haritası..... 21
<b>Şekil 4.2</b>	: Ergene Formasyonu taban topoğrafyası haritası..... 23
<b>Şekil 4.3</b>	: Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti, ölçeksiz (Çağlayan ve diğ.,1998 den değiştirilerek)..... 26
<b>Şekil 5.1</b>	: Çerkezköy (DSİ02) ve Marmaracık (DSİ03) kuyularına ait su Seviye değişimi grafiği..... 42
<b>Şekil 5.2</b>	: DSİ02, DSİ03, DSİ09 kuyularında yıllara göre yeraltı su seviyesi değişimleri..... 45
<b>Şekil 5.3</b>	: AĞİ 1-20 1969, 1982, 1992, 2002 yılları debi-zaman grafiği..... 47
<b>Şekil 6.1</b>	: İnceleme alanı sularının Schoeller içilebilirlik diyagramı..... 62
<b>Şekil 6.2</b>	: İnceleme alanı sularının ABD tuzluluk (Riverside) diyagramı..... 63
<b>Şekil 6.3</b>	: Araştırma alanı yeraltısuları Wilcox diyagramı..... 64
<b>Şekil 6.4</b>	: İnceleme alanı yeraltısularının Piper diyagramı..... 65
<b>Şekil 6.5</b>	: Araştırma alanı, sularının Schoeller diyagramı (Eylül, 2003)..... 67
<b>Şekil 6.6</b>	: Araştırma alanı, gözlem kuyuları ve noktaları Schoeller diyagramı (Nisan, 2004)..... 67
<b>Şekil 6.7</b>	: İnceleme alanındaki suların Gibbs diyagramı..... 69
<b>Şekil 6.8</b>	: Gözlem kuyuları a-GK-05 b-GK-02 c-GK-08..... 71
<b>Şekil B.1</b>	: Bölgesel jeoloji haritası..... 84
<b>Şekil B.2</b>	: Bölgesel jeolojik panel diyagram..... 85
<b>Şekil B.3</b>	: İnceleme alanı jeoloji haritası..... 86
<b>Şekil B.4</b>	: İnceleme alanı jeolojik panel diyagramı..... 87
<b>Şekil B.5</b>	: İnceleme alanı hidrojeoloji haritası..... 88
<b>Şekil B.6</b>	: İnceleme alanı jeohidrolik panel diyagramı..... 89
<b>Şekil B.7</b>	: Sondaj kuyuları lokasyon haritası..... 90
<b>Şekil B.8a</b>	: Eş yeraltı su düzeyi haritası(Ekim 2000)..... 91
<b>Şekil B.8b</b>	: Eş yeraltı su düzeyi haritası(Ekim 2003)..... 92
<b>Şekil B.9</b>	: Çorlu bölgesinin jeohidrolik ortam panel diyagramı..... 93
<b>Şekil B.10a</b>	: Çorlu bölgesi alt geçirimli (Gç1) ortamı eş kalınlık haritası..... 94
<b>Şekil B.10b</b>	: Çorlu bölgesi alt geçirimli (Gç2) ortamı eş kalınlık haritası..... 95
<b>Şekil B.10c</b>	: Çorlu bölgesi alt geçirimsiz (Gz) ortamı eş kalınlık haritası..... 96

<b>Şekil B.10d</b> : Çorlu bölgesi alt yarı geçirimli (gç) ortamı eş kalınlık haritası.....	97
<b>Şekil B.10e</b> : Çorlu bölgesi alt yarıgeçirimsiz (gz) ortamı eş kalınlık haritası.....	98
<b>Şekil B.11</b> : Çerkezköy bölgesinin jeohidrolik ortam panel diyagramı.....	99
<b>Şekil B.12a</b> : Çerkezköy bölgesi alt yarıgeçirimli (gç1) ortamı eş kalınlık haritası.....	100
<b>Şekil B.12b</b> : Çerkezköy bölgesi alt geçirimli (Gç1) ortamı eş kalınlık haritası.....	101
<b>Şekil B.12c</b> : Çerkezköy bölgesi Alt Geçirimli (Gç2) ortamı eş kalınlık haritası.....	102
<b>Şekil B.12d</b> : Çerkezköy bölgesi Alt Yarıgeçirimli (gç2) ortamı eş kalınlık haritası.....	103
<b>Şekil B.12e</b> : Çerkezköy bölgesi Alt Yarıgeçirimsiz (gz) ortamı eş kalınlık haritası.....	104
<b>Şekil B.13</b> : Yeraltısuyu ve yüzeysuyu örnekleme noktaları haritası .....	105
<b>Şekil B.14</b> : İnceleme Alanı Hidrokimyasal Fasiyes Haritası.....	106
<b>Şekil B.15</b> : EPA, WHO, TS sınır değerlerini aşan ağır metal konsantrasyonları haritası.....	107
<b>Şekil B.16</b> : Endüstride yeraltısuyu kullanımı haritası (buhar kazanlarında).....	108
<b>Şekil B.17</b> : Eş elektriksel iletkenlik haritası (Eylül 2003).....	109
<b>Şekil B.18</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları açıklamaları.....	110
<b>Şekil B.19</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	111
<b>Şekil B.20</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	112
<b>Şekil B.21</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	113
<b>Şekil B.22</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	114
<b>Şekil B.23</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	115
<b>Şekil B.24</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	116
<b>Şekil B.25</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	117
<b>Şekil B.26</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	118
<b>Şekil B.27</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	119
<b>Şekil B.28</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	120
<b>Şekil B.29</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	121
<b>Şekil B.30</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	122
<b>Şekil B.31</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	123
<b>Şekil B.32</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	124
<b>Şekil B.33</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	125
<b>Şekil B.34</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	126
<b>Şekil B.35</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	127
<b>Şekil B.36</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	128
<b>Şekil B.37</b> : Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları.....	129
<b>Şekil B.38</b> : Araştırma Alanı Fotoğrafları Yer Bulduru Haritası.....	139
<b>Şekil B.39</b> : Ergene Formasyonu (Tme), Trakya Formasyonu (Tnt) kontağı Velimeşe-TEM bağlantı yolu bakış yönü Kuzey (73250-64782)..	140
<b>Şekil B.40</b> : Danişmen Formasyonu (Tod), Ergene Formasyonu (Tme) kontağı Sarılar Köyü GK-03 kuyusu yanı bakış yönü GD (55357-55583).....	141
<b>Şekil B.41</b> : Karatepe bazaltı (Qk), Danişmen Formasyonu (Tod) kontağı	

	bakış yönü Güney (62282-56210).....	124
<b>Şekil B.42</b>	: GK-02 kuyusundan batıya doğru görünüş (Esenler Köyü) (55250-64813).....	143



## SEMBOL LİSTESİ

$\alpha$	: Boşalım Katsayısı
$h_0$	: Kurak mevsim boyunca başlangıçtaki ( $t_0$ ) boşalım kotuna göre su seviyesi
$h_1$	: Kurak mevsim başlangıcından ( $t$ ) zaman sonraki boşalım kotuna göre su seviyesi
$t$	: Zaman
$V_d$	: Akiferin boşalım kotu üzerinde kalan dinamik rezervi
$V_t$	: Akiferin toplam rezervi
$V_s$	: Akiferin statik rezervi
$Q$	: Yeraltısuyu akımı
$S$	: Akiferin depolama katsayısı
$\Delta V$	: Akiferden boşalan su hacmi
$A$	: Akifer yayılım alanı
$\Delta H$	: Yeraltı su düzeyi değişimi
$S_y$	: Özgül verim
$S$	: Depolama katsayısı
$T$	: Akiferin iletimlilik katsayısı
$Q_{ortalama}$	: Akiferin ortalama boşalımı
$\Delta V$	: Akiferin boşalımı için geçen devrede düşüm miktarı
$K$	: Akiferin geçirimlilik katsayısı
$e$	: Akiferin kalınlığı

## **ERGENE HAVZASI ÇORLU-ÇERKEZKÖY ARASINDAKİ KESİMİNİN HİDROJEOLOJİSİ**

### **ÖZET**

“Ergene Havzası, Çorlu – Çerkezköy Arasındaki Kesiminin Hidrojeolojisi” konulu bu tezde 1412 km<sup>2</sup>’lik bir bölgenin jeolojisi ve hidrojeolojisi ile akiferin jeohidrolik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

İstanbul’un sanayiden arındırılması çalışmaları mekansal olarak doyuma ulaşan İzmit ve çevresindeki yükün azaltılmasını hedefleyen yetmişli yılların başındaki planlamanın bir sonucu olarak 1973 yılında Çerkezköy Organize Sanayi bölgesi kurulmuş ve daha sonra bu genişlemeye Çorlu bölgesi de dahil edilmiştir.

Çorlu-Çerkezköy karayolu çevresinde 1973 yılından günümüze sanayi kuruluşlarının sayısı hızla artarak 249’a ulaşmış, buna bağlı olarak nüfusun çoğalması ile içme, kullanma, sulama ve sanayi suyu gereksinimi önemli boyutlara ulaşmıştır. Böylece bölgede bir kısmı plansız olmak üzere çok sayıda sondaj kuyusu açılmış ve bunlardan ihtiyacı karşılamak amacıyla denetim dışı pompaj yapılmıştır.

Öte yandan sanayi kuruluşları kirlilik oranı çok yüksek olan proses sularını hiçbir arıtma işleminden geçirmeksizin Ergene Nehrinin bir kolu olan Çorlu Deresine bırakmışlardır. Zamanla kirlenen Çorlu deresi, yeraltı suyu taşıyan Ergene Formasyonu ile doğrudan temas halinde bulunduğundan Çorlu deresi, akifer için bir kirletici odağa dönüşmüştür.

Gerek akiferi çevreleyen kirlilik riski ve gerekse akiferden yapılan aşırı çekime bağlı diğer olumsuz tablo, yörenin bilimsel ölçütlerle araştırılarak güncel durumunun ortaya konmasını zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla mevcut akiferin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin saptanması, geometrik modelinin ortaya konması, su potansiyelinin belirlenmesi ve kirlilik yönünden güncel durumunun tanımlanması gerekmektedir. Su çekimi ve kirlilik riski açısından Ergene yeraltı suyu havzasının en kritik kesimini oluşturan Çorlu-Çerkezköy alanı bu doktora tezi kapsamında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışma için, Ergene havzasında bugüne kadar yapılmış olan derin ve sığ sondaj bilgileri derlenmiş, ulaşılan bilgilerden yola çıkılarak, Trakya bölgesi ve inceleme alanının jeolojik panel diyagramı hazırlanmıştır. Hazırlanan panel diyagramdan yararlanılarak inceleme alanında bulunan jeolojik birimler geçirimsizlik (permeabilite) değerlerine göre jeohidrolik sınıflara ayrılmıştır. Ayrıca belirlenen 9 adet gözlem kuyusundan aylık dönemler ile örnekleme yapılarak, temel iyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlar yardımıyla mevcut akifer jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal bileşenler yönünden değerlendirilmiş ve kirlilik durumu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Araştırma yedi ana bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde inceleme alanı tanıtılmış ve üçüncü bölümde yörede gerçekleştirilen önceki çalışmalara değinilmiştir. Dördüncü bölümde ise jeolojiye değinilmiş ve yüzey gözlemleri ile sondaj bulgularından yararlanarak bölgenin jeolojik modeli hazırlanmıştır. Çorlu-Çerkezköy arasının jeolojik özellikleri Ergene Havzasının genel jeolojisi ile ilişkilendirilmiştir. Beşinci bölümde Çorlu-Çerkezköy arasının hidrojeolojisine yer verilmiş, inceleme alanında, geçirimli, yarıgeçirimli, yarıgeçirimsiz ve geçirimsiz ortam olarak dört jeohidrolik ortamlar ayırtlanmıştır. Çorlu-Çerkezköy arasındaki akiferin, Ergene havzası olarak bilinen ve yanal sürekliliği olan ana akiferin bir parçasını oluşturduğu, bu akiferin Çorlu-Çerkezköy kesiminin su çekimine başladığı 1970'li yıllardan günümüze aşırı pompaj yapılarak zorlandığı ve bilanço esasına dayanmayan bu işletim sistemi sonucunda akiferin dinamik rezervinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Araştırma alanındaki akiferin permeabilite (K), değeri;  $1.3 \times 10^{-4}$  m/sn, transmissibilite (T), değeri;  $0,084 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$ , depolama katsayısı (S), değeri ise 0,104 olarak bulunmuştur. Çorlu ve Ergene Derelerinin yüzey drenaj alanı ile sınırlı inceleme bölgesinde 2002 yılı meteorolojik verilerinden hareketle akış yüksekliği yağış yüksekliğine oranlanarak sızma katsayısı hesaplandığında  $1412 \text{ km}^2$ 'lik bu beslenme alanından yeraltına sızma yolu ile yağıştan kaynaklanan yıllık toplam beslenme miktarı  $55 \times 10^6 \text{ m}^3$  dolayında olduğu anlaşılmaktadır. Altıncı bölümde su kimyası araştırmaları ve elde edilen bulgular açıklanmıştır. Arıtılmadan Çorlu Deresine bırakılan proses sularının taşıdığı kirliliğin zaman içinde akifere ulaşarak ağır metal kirliliğini başlattığı belirlenmiştir (Cr, Cd, Pb). Yedinci bölümde ise elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Bu sonuçlardan akiferin güncel durumundan hareketle geriye kalan dinamik rezervin işletim modelinin belirlenmesinin ve bir kirlilik kaynağı olduğu kesinleşen Çorlu Deresinin alınacak acil önlemlerle temizlenmesinin bir zorunluluk olduğu görülmüştür.

## **HYDROGEOLOGY OF ÇORLU-ÇERKEZKÖY REGION OF ERGENE BASIN**

### **SUMMARY**

In this thesis named “Hydrogeology of Çorlu - Çerkezköy Region of Ergene Basin” geological and hydrogeological properties of the 1412 km<sup>2</sup> area and hydrogeochemical properties of the present aquifer are being investigated.

After the decentralization of İstanbul metropolitan area and İzmit from industry in 1970, Çerkezköy region was chosen as a new place for the industry in 1973 and Çorlu region has also become an industrialized area.

The number of the industrial organizations has reached 249 since 1973. Increasing population, the necessity of water, for drinking, watering and industrial purposes has also increased. Regarding to this situation, groundwater is started to be used to supply the demands mentioned above.

On the other hand, process waters of industrial organizations are let into Çorlu Creek without any treatment. Due to this, Çorlu Creek became contaminated, which is directly contacted with the Ergene Formation, the main aquifer in the region, and became a contamination source for the groundwater.

The contamination risk and the over pumping of the aquifer made it compulsory for to present the situation of the region by scientific methods. Determination of the relation of Çorlu Creek with the Ergene Formation, geometrical modeling, vulnerability and contamination level, hydraulic values of the aquifer in the study area and detailed geological and geohydraulic properties of the Çorlu- Çerkezköy region are being selected as the subject of this thesis.

For this study drill logs of deep and shallow wells are compiled, and with the light of this data geological panel diagram of the Thrace region and study area are drawn. With the help of this data and the litological properties of the rocks in the study area, are determined as four geohydraulic parts. Main ion and heavy metal investigations are also being carried out from the groundwater samples of nine water wells determined in the study area. With the help of these results, the aquifer in the study area is being evaluated as geologic, hydrogeological and geochemical compounds and contamination status of the aquifer in the investigation area is being presented.

The study is being consisted of seven main chapters. In the second chapter investigation area is being presented and at the third chapter preliminary studies about the investigation area is given. In the fourth chapter geology is presented and geological model of the investigation area is being prepared with the help of the surface investigations and borehole logs. Geological properties of Çorlu – Çerkezköy

region are connected with the general geology of the Ergene Basin. In the fifth chapter hydrogeology of the Çorlu – Çerkezköy region is presented. In the investigation area, geohydraulic parts of the aquifer are determined as “permeable”, “semi-permeable”, “semi-impermeable” and “impermeable”. It is also determined that the aquifer in the investigation area is a part of the main aquifer in the Ergene Basin which has lateral continuity all over the basin. From 1970’s unplanned excessive pumping, resulted the dynamic reserve of the aquifer fall down extremely. Permeability (K), transmissivity (T) and storage coefficient (S) of the aquifer is determined as;  $1.3 \times 10^{-4}$  m/sec.,  $0.084 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$  and  $1.04 \times 10^{-4}$  respectively. Using meteorological data of 2002, in respect to the leaking coefficient obtained from the ratio of flow value to precipitation value, total recharge of the aquifer, having area of  $1412 \text{ km}^2$ , is about  $55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ . In the sixth chapter results obtained from water chemistry investigations are being presented. Process waters of the industry in the study area are let in the rivers without treatment so this contamination has reached the groundwater, as time passed by and caused heavy metal contamination (Cr, Cd, Pb). In the seventh chapter, results of the study are given. According to these results it’s been seen that, management plan for usage of the rest of the dynamic reserve in the aquifer must be planned and it is compulsory to refine the waters of Çorlu Creek.



## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada Trakya Havzasının Çorlu – Çerkezköy arasındaki kesiminin hidrojeolojisi araştırılmıştır (Şekil B.1).

Çorlu–Çerkezköy karayolu çevresinde 1973 yılından günümüze kadar sanayi kuruluşlarının sayısı hızla artarak 249’u bulmuş (TÜ, 2002), buna bağlı olarak nüfusun çoğalması ile içme, kullanma, sulama ve sanayi suyu gereksinimi bölgede önemli boyutlara ulaşmıştır. Böylece bölgede açılan çok sayıdaki sondaj kuyusundan ihtiyacı karşılamak için yeraltı suyu çekilmiştir.

Öte yandan sanayileşme ile beraber, proses suları Ergene Nehrinin bir kolu olan Çorlu Deresine bırakılmıştır. Bu nedenle Çorlu Deresi kirlenmeye başlamıştır. Dere, doğrudan yeraltı suyu taşıyan Ergene Formasyonu ile temas halinde bulunduğu yeraltı suyunun kirlenme potansiyeli oluşmuştur. Bu nedenle Çorlu Deresi, akifer için kirlenme potansiyeli bir kaynağa dönüşmüştür. Gerek akiferi çevreleyen kirlilik riski ve gerekse akiferden yapılan aşırı çekime bağlı diğer olumsuz tablo, yörenin bilimsel ölçütlerle araştırılarak güncel durumunun ortaya konmasını zorunlu kılmaktadır. Çorlu Deresi ile akifer arasındaki ilişkinin saptanması, inceleme alanındaki akiferin modellenmesi, akiferdeki olabilecek kirliliğin ve kirlenebilirliğinin saptanması, akiferin boyutları ve geometrisi, karakteristik değerlerinin hesaplanması, Çorlu ve Çerkezköy kesimlerindeki akiferin ayrıntılı litolojisi ve buna bağlı olarak jeohidrolik ortam türlerinin araştırılması tez konusu olarak seçilmiştir.

Bu çalışma için, Trakya’da ve araştırma alanında yapılmış derin ve sığ sondaj bilgileri derlenmiş, ulaşılan bilgilerden yola çıkılarak, Trakya bölgesi jeolojik ve hidrojeolojik panel diyagramı hazırlanmıştır (Şekil B.2, 3). Panel diyagramdan yararlanılarak Araştırma alanında bulunan jeolojik geçirimsizlik (permeabilite) değerlerine ve bunu denetleyen parametrelere göre “geçirimli ortam”, “yarı geçirimsiz ortam”, “yarı geçirimsiz ortam” ve “geçirimsiz ortam” olarak jeohidrolik ortamlar tanımlanmıştır (Şekil B.4). Ayrıca belirlenen 9 adet gözlem kuyusundan aylık periyotlar ile örnekleme yapılarak, temel iyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Bu

sonuçlardan yola çıkararak akiferin, hidrokiyusal fasiyesi ortaya konmaya çalışılmıştır.



## 2. İNCELEME ALANININ TANITIMI

İnceleme alanı, Tekirdağ ilinin, Çerkezköy, Çorlu, Muratlı ve Saray ilçe merkezleri ile sınırlanmıştır. Yüzölçümü yaklaşık 1412 km<sup>2</sup> dir. Ayrıntılı olarak araştırılan Çerkezköy ve Çorlu kesimlerinin toplam yüzölçümleri ise 50 km<sup>2</sup> dir.

### 2.1. Coğrafi Durum

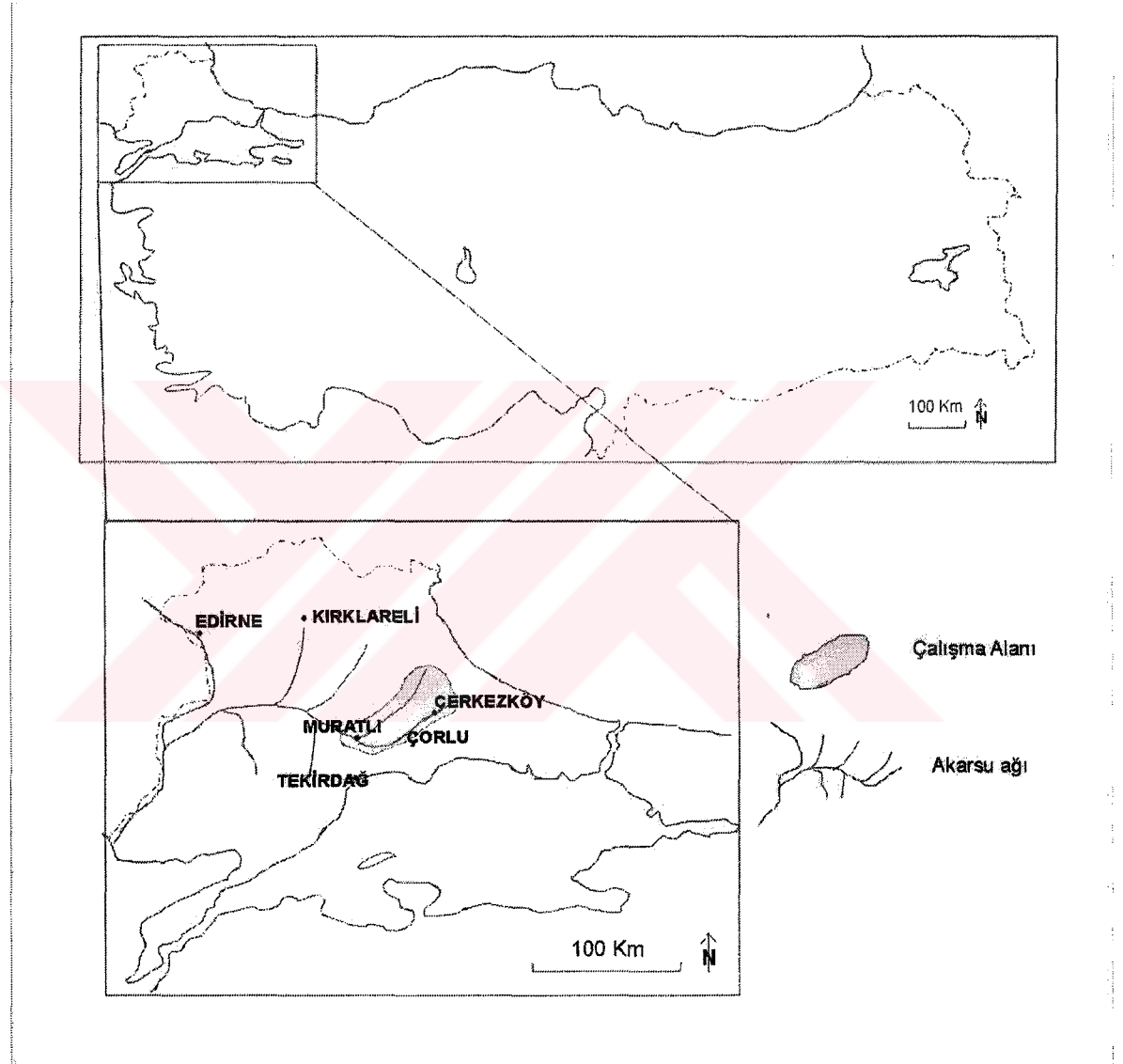
İnceleme alanı, Marmara bölgesinin Trakya kesiminde K 540000–595000 ile D 4550000–4590000 koordinatları arasında kalır. D–100 (E–5) karayolu ve TEM otoyolunun içinden kuzeybatı-güneydoğu uzanımında geçtiği bölge, Tekirdağ ilinin 35 km kuzeydoğusunda, Silivri ve Lüleburgaz arasındadır (Şekil 2.1). Kuzey-güney doğrultusundaki uzanımı yaklaşık 40 km, Doğu-Batı doğrultusundaki uzanımı yaklaşık 45 km dir. Çorlu ilçesinin Tekirdağ' a uzaklığı 45 km, İstanbul'a uzaklığı ise 110 km dir. Çerkezköy ilçesi ile Çorlu ilçesi arasındaki mesafe de 45 km dolayındadır.

İnceleme alanına her mevsim karayolu ile ulaşım mümkündür. Kış aylarındaki (Aralık-Şubat) kar yağışları bazen ulaşımı olumsuz olarak etkilemektedir. İstanbul ve Edirne yönünden D–100 karayolu ve TEM otoyolu ile inceleme alanına ulaşılabilir. Ayrıca Çorlu ilçesinde uluslararası nitelikte bir sivil havaalanı da bulunmaktadır. Yolların büyük çoğunluğu asfalttır, fakat bazı köyler arasında stabilize yollar bulunmaktadır.

Bölgedeki başlıca yerleşim merkezleri; Çerkezköy, Çorlu, Muratlı, Saray ve Kapaklı ilçeleri ile, Çukuryurt, Safaalan, Hallaçlı, Yulaflı, Velimeşe, Sarılar, Aşağı Sevindikli, Yukarı Sevindikli, İnanlı, Vakıflar, Bakırca, Büyük ve Küçük Yoncalı köyleridir. İnceleme alanında tarıma elverişli toprakların bulunması ve sanayi yaygınlığı nedeniyle nüfus çok yoğundur.

## 2.2 Morfoloji ve Bitki Örtüsü

Yıldız Dağlarının inceleme alanının kuzeyindeki etekleri bölgesel ana yükselteri oluşturur (200-210 m). Güneye doğru ve Çorlu dolaylarında topoğrafya göreceli olarak alçalır (100 m).



Şekil 2.1 Araştırma alanı (Çorlu-Çerkezköy Kesimi) yer bulduru haritası

İnceleme alanının orta kesimleri yataya yakın az eğimli bir morfoloji sunar. Ergene Havzasının başlangıç kesimini oluşturan inceleme alanının Güneyinde Karatepe (200 m), Sarılar T. (201 m) ve Kabahöyük T. (184 m) yükselteri yer alır. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda ve batıya akışlı Ergene Nehri ile Çorlu Deresi en önemli

akarsulardır ve bölgesel drenaj ağını oluştururlar. Bu iki akarsu Muratlı ilçesi İnanlı köyünde birleşerek Ergene Nehri adıyla tüm Trakya'nın ortasından akmaya devam eder. İnceleme alanı Ergene Havzası olarak adlandırılan havzanın başlangıç kesimindeki alt drenaj alanı özelliğindedir. İnceleme alanının hemen hemen tümü verimli tarım toprakları ile kaplıdır. Kuzeyde Yıldız Dağları eteklerinde kayın, meşe, gürgen türündeki sık ağaçlarla örtülü Saray, Safaalan ve Halaçlı kesimleri orman arazisi niteliğindedir. Ağaçların boyları 0,5 ile 4 m arasında değişmektedir. Güneye doğru, orman alanları yerini tarım alanlarına bırakır. Çorlu Deresi ve Ergene Nehri kenarlarında söğüt ve kavak türü ağaçlar gözlenir. Tarımsal faaliyet Mayıs-Ağustos ayları arasındadır. Buğday, arpa, mısır ve ayçiçeği başlıca ekilen ürün türleridir. Türkiye ayçiçeği üretiminin % 44'ü ve buğday üretiminin % 30'u Trakya Bölgesi'nden karşılanmaktadır (TÜ, 2002).

### **2.3. İklim ve Meteoroloji**

İnceleme alanında karasal iklim hakimdir. Kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kuraktır. Türkiye'de en fazla sis görülen bölge Trakya Bölgesidir. İnceleme alanındaki ortalama sisli gün sayısı 42 gün/yıldır. Etkin rüzgar yönü Kuzeybatı ve Güneybatıdır. Kış aylarında Balkanlar üzerinden gelen serin ve yağışlı hava kütlesi, inceleme alanında Marmara Denizi'nin nemli etkisi ile kar yağışına dönüşmektedir.

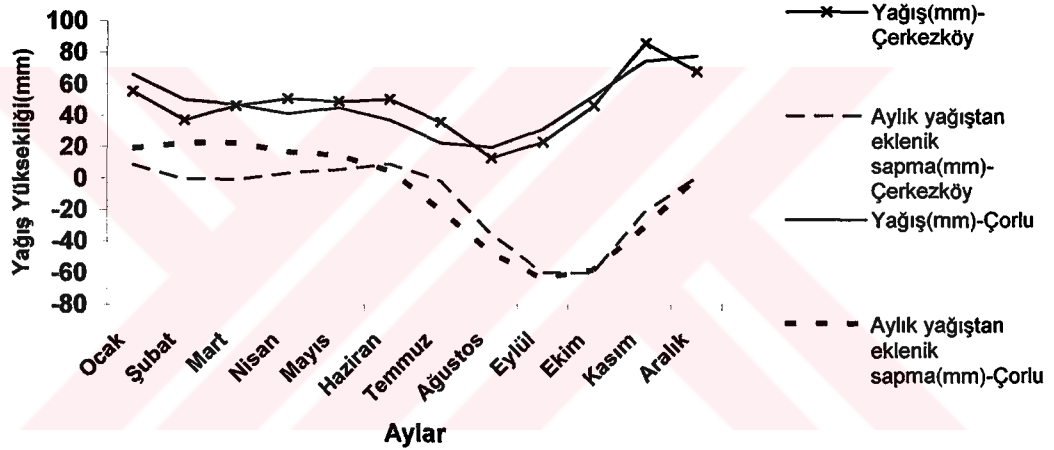
İnceleme alanı ve çevresini etkisi altında bulunduran bu iklim özelliğini daha gerçekçi olarak tanımlayabilmek amacı ile Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü'ne bağlı Çerkezköy (160 m) ve Çorlu (183 m) meteoroloji istasyonlarından elde edilen hidrometeorolojik verilerin ağırlıklı istatistik ortalamasından yararlanılmıştır.

Tüm meteorolojik özellikler, aylık değişimler bazında yıllık olarak değerlendirilmiş ve ayrıca bölgesel yıllık meteorolojik su bilançosu çıkarılmıştır. Bu konudaki çalışmalar ve elde edilen sonuçlar takip eden alt bölümde sunulmuştur.

### 2.3.1. Yağış, Sıcaklık ve Buharlaşma

İnceleme alanının meteorolojik özelliklerinin değerlendirilmesi için Çerkezköy ve Çorlu meteoroloji istasyonlarından alınan verilerden yararlanılmıştır.

İnceleme alanında bulunan Çerkezköy meteoroloji istasyonu 1984 yılından itibaren, Çorlu meteoroloji istasyonu ise 1950 yılından itibaren gözlem yapmaktadır. Bu istasyonlar, alt çalışma alanlarında ve ayrıca inceleme alanının kuzey ve güney uçlarında yer aldığı için seçilmişlerdir (Şekil 2.2-2.3). İlgili şekillerde görüldüğü gibi yağışın aylık ve yıllık ortalamalarının fonksiyonu olarak çizilen yağış yükseklikleri ile ortalama yağıştan eklenik sapma değerleri, genel uzanımları ve sayısal değerleri yönünden birbirleri ile uyum içerisindedir.



Şekil 2.2 Çerkezköy ve Çorlu devlet meteoroloji istasyonları verilerine göre ortalama yağışın ve ortalama yağıştan eklenik sapmanın 1984–2001 döneminde aylık değişimi

Uzun süreli Çorlu istasyonu kayıtları ayrıca Çorlu Deresinin akışının genel analizinde de kullanılmıştır.

Çerkezköy ve Çorlu istasyonlarında ölçülen bölgesel yağış ortalaması 1984-2003 dönemi için 509,6 mm/yıl dır. En fazla yağış düşen aylar Kasım ve Aralık (180,3 mm/ay), en az yağışlı aylar ise Temmuz, Ağustos ve Eylül' dür (72,2 mm/ay). Genel olarak Kasım ayında başlayan yağışlı dönem Ocak ayında da devam etmekte, Şubat-Haziran döneminde oldukça kararlı bir yağış rejimi görülmekte Temmuz ayından itibaren Eylül ayı sonuna kadar süren kurak bir dönem yaşanmaktadır (Şekil 2.2). Bu analizlere göre, yıllık yağışın % 58,2'si yağışlı dönemde (Aralık-Mart) ve % 19,5'si

geçiş döneminde (Nisan-Mayıs ve Ekim-Kasım) % 22,3'ise kurak dönemde (Haziran-Eylül) gerçekleşmektedir.

Yağışın yıllara göre dağılımında, 1974–2002 dönemi yağışlarının, Çorlu Meteoroloji İstasyonu'nun 509,6 mm/yıl'lık 1966–2002 dönemi ortalamasına yakın olduğu (501,9 mm/yıl) görülür. 28 yıllık bu süre içerisinde 1974 yılından itibaren giderek artan yağışlar, 1982 yılından itibaren azalmış, 1994 yılından itibaren ise tekrar artarak 2002 yılında uzun yıllar ortalamasına yaklaşmıştır.



Şekil 2.3 Çorlu devlet meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama yağışın ve ortalama yağıştan eklenik sapmanın yıllık değişimi.

Akifere ait rezerv hesaplarının yapıldığı 1969–2002 dönemi 7 yıllık bir yağışlı dönem sonrasında başlayan 18 yıllık kurak dönemin yağışlı yıllarına rastlar (Şekil 2.3). Geçmiş yıllar istatistikleri göz önünde tutulursa bu yağışlı dönemin 2009 yılında sona ereceği ve uzun yıllar ortalaması dolayında salınarak 2011'e kadar devam edip sonraki yıllarda ortalama değer altına düşeceği ve yeniden bir kurak döneme girileceği öngörülmektedir.

Aylık dağılımlar bazında sıcaklığın Eylül ayından Şubat ayına kadar azaldığı ve Mart ayından itibaren artmaya başlayan sıcaklığın Ağustos ayına kadar devam ettiği görülür. Çorlu Meteoroloji İstasyonunun kayıtlarına göre 1966-2002 dönemi en soğuk ayları Ocak–Şubat (4,6 °C/ay), en sıcak ayları ise Haziran, Temmuz ve

Ağustos (20,7 °C/ay) tur. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması 12,1 °C/yıl dır. 1966–2002 yıllarını kapsayan uzun yıllar ortalamasından meteorolojik su bilançosunun hesabında yararlanılmıştır.

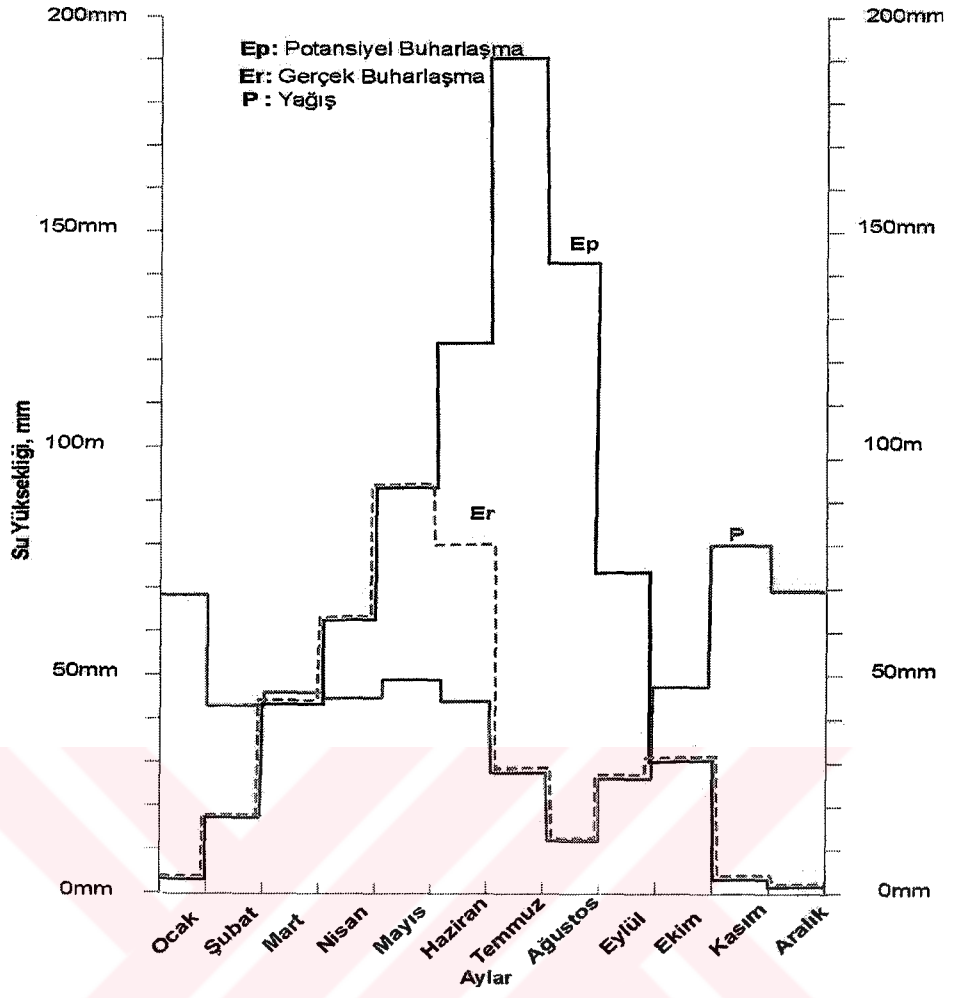
### 2.3.2 Meteorolojik Su Bilançosu

İnceleme alanının su bilançosunu için gereken bölgesel potansiyel ve gerçek buharlaşma değerlerinin elde edilmesinde kullanılan meteorolojik veriler Tablo 2.1 de verilmiştir. Bu verilerin Penman yöntemine göre değerlendirilmesi sonunda tablo 2.2 oluşturulmuştur. Tablo 2.2 ye göre, potansiyel buharlaşmanın 179,6 mm ile Temmuz ayında en yüksek ve 2,7 mm ile Aralık ayında en düşük olduğu görülmüştür. Toplam yıllık potansiyel buharlaşma yüksekliği 791,3 mm. olarak bulunmuştur.

Tablo 2.1 Penman yöntemi ile hazırlanmış meteorolojik su bilançosu

Aylar Özellikler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Yağış(P)	60,9	43,6	46,8	45,8	46,9	43,5	29,2	16,0	27,1	48,6	80,2	72,7	561,3
Potansiyel Buharlaşma, (E <sub>p</sub> )	3	18,3	46,0	60,4	96,4	135,3	179,6	146,6	72,4	27,3	3,3	2,7	791,3
P - E <sub>p</sub>	57,9	25,3	0,8	-14,6	-49,5	-91,8	-150,4	-130,6	-45,3	21,3	76,9	70	-230
Rezerv Su	100,0	100,0	100,0	85,4	35,9	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	98,2	100,0	-
Gerçek Buharlaşma, E <sub>r</sub>	3,0	18,3	46,0	60,4	96,4	79,4	29,2	16,0	27,1	27,3	3,3	2,7	409,1
Eksik Su	0,0	0,0	0,0	0,0	0	55,9	150,4	130,4	45,3	0,0	0,0	0,0	382
Fazla Su	57,9	25,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,2	152,2

Zeminin suya doygunluğunun aylık ortalamalar çerçevesinde değişimi göz önüne alınarak bölgenin gerçek buharlaşma değerleri hesaplanmıştır. Gerçek buharlaşma yüksekliklerinin Mayıs ayında en yüksek (96,4 mm.su/ay) ve Aralık ayında en düşük (2,7 mm.su/ay) olduğu belirlenmiş, bölgedeki toplam yıllık gerçek buharlaşma değeri 409,3 mm.su/yıl olarak bulunmuştur. Tablo 2.2 de yer alan bilanço elemanlarının yıl içindeki değişimlerinin kolayca izlenebilmesi için ayrıca bir su bilançosu diyagramı hazırlanmıştır. (Şekil 2.4). bu diyagramda, Mayıs ayından itibaren havzada oluşan su açığının, Ekim ayına kadar devam ettiği, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında ise havzada fazla su bulunduğu görülür.



Şekil 2.4 Meteorolojik su bilançosu diyagramı (P-Er-Ep değişimi grafiği)

### 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Trakya bölgesinin özellikle kuzeydoğu kesiminde yer alan metamorfik ve magmatik kayalar çok uzun yıllardır maden yatakları yönünden ilgi çekmiştir. Bölgenin orta kesimi ise petrol, doğal gaz ve kömür rezervlerinin bulunması nedeniyle yerli ve yabancı birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bölgesel ilk çalışmalar, 1870’li yıllarda F. HOCHSTATTER tarafından yapılmıştır.

Araştırma alanını da içine alan önemli jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar kronolojik olarak izleyen paragraflarda özetlenmiştir.

Hochstatter (1870) : Önceki ve kişisel gözlemlerini bir araya toplayarak küçük ölçekli bir jeolojik harita oluşturmuştur. Çalışmasında geniş alanlar kaplayan kum ve çakıl depolarını İstanbul Belgrat Ormanlarında izleyerek buna “Trakya Katı” adını vermiştir.

Pamir ve Baykal (1947) : Trakya’nın kuzeyinde yer alan masif içerisinde ilk ayrıntılı jeolojik çalışmayı yapmışlardır. Çalışmalarında kaya gruplarını metamorfik kayalar ve fosilli formasyonlar olarak iki ayrı grupta toplamışlardır.

Denkel (1955) : Edirne, Lalapaşa, Vaysal köyü yakınlarındaki kurşun madeni hakkında yaptığı çalışmada madenin, Istranca Masifinin temelini oluşturan iri taneli gnaysların, ince taneli gnayslarla metamorfik şistler üzerine bindirdiği alanlarda filon tipi yatak türünde geliştiğini belirtmiş ve metalojenisi hakkında bilgi vermiştir.

Bürküt (1966) : Metamorfik kayaların fasiyeslerini çalışmış ve bu kayaları, “Anateksitik, Migmatitik Barrow tipi fasiyes serisi” olarak ayırtlamıştır.

Keskin (1966) : “Pınarhisar Resif Karmaşığının Mikrofasies İncelemesi” konulu doktora tezinde Pınarhisar resif karmaşığı kireçtaşlarının petrografik analizi ile mikrofasies çalışması yapılmış FOLK (1959) a göre sınıflandırılmıştır.

İncelenen alandaki stratigrafi istifinin, altta doğu – batı yönünde uzanan Paleozoik veya daha yaşlı bir metamorfik temelden, üstte ise Tersiyer’e ait kırıntılıları ve

biyojen kireçtaşları ve şeyller ile Kuvaterner' e ait karasal çakıllardan oluştuğunu belirtmiştir.

Tersiyer' de “İslambeyli Formasyonu” , “Kırklareli Kireçtaşı” ve “Pınarhisar Formasyonu” olmak üzere üç formasyon ayırtlanmıştır. Bu istifin kalınlığının toplam 350 m olduğu belirtilmiştir.

İslambeyli Formasyonunun kırıntılılar ve marnlardan oluşmuş 100 m kalınlığında bir birim olduğu, Homotromatidae, Rotaliidae ve Gastrapoda fosillerine göre Üst – Lütesiyen-Priabonien yaş aralığında çökeldiğini saptamıştır. Bu birimin temel karmaşığı üzerine gelen ilk formasyon olduğu ve kireçtaşlarıyla dereceli geçiş gösterdiği, vurgulanmıştır.

Kırklareli kireçtaşının, resif karmaşığı karbonatlarını kapsayan bir birim olduğunu toplam kalınlığının 150 m'yi geçmediğini göstermiştir. Homotromatidae, Rotaliidae ve Gastrapoda fosillerine göre bu birimin de Üst-Lütesiyen-Priabonien yaş aralığında çökeldiğini belirtmiştir. Kırklareli kireçtaşının farklı ortamlarda durulmuş resif karmaşığı kesimlerinden oluştuğu ve birimin temel karmaşığı üzerinde geliştiği yerler olmasına karşın; genellikle İslambeyli Formasyonu üzerinde yerleştiğinden söz edilmiştir.

Pınarhisar Formasyonu, çoğunlukla oolitle kireçtaşları ile bazen çakıltaşı ve ender olarak da marn katmanlarından oluştuğu belirtilmiş ve bunun. Oligosen yaşında olduğu kabul edilmiştir. Bu birimin Eosen çökelleri üzerinde diskordan durduğu ve Kırklareli kireçtaşının güney sınırı boyunca dar bir şerit halinde mostra verdiği belirtilmiştir.

Çalışma alanındaki resif karmaşığını “Pınarhisar sed resifi” ve “ayırtlanmamış karmaşık” olarak iki kısımda ele almış ve sed resifinin çekirdeğine ait olan mostralara, Poyralı deresinin batısında kalan alanda görülmüştür. Bölgeye güneyden gelen denizin transgresyonu ile önce kenar resifi şeklinde gelişen çekirdeğin daha sonra regresyona bağlı olarak bir sed resifine dönüştüğünü öne sürmüştür.

Italconsult (1970) : Ergene havzasının yeraltısuyu potansiyelini belirlemek için Italconsult firmasının DSİ ile birlikte yapmış olduğu bir proje çalışmasıdır. Bu çalışmada, “kumlu kompleks” olarak adlandırılan Pliyosen yaşlı Çorlu kırıntılıları

(Ergene Formasyonu) hakkında bilgi edinmek için 45 adet toplam 10.870 m derinlikte sondaj kuyusu açılmıştır.

Babaeski sahasında açılan 12 kuyu ile yapılan araştırmalar sonucu, kumlu kompleksin taşıdığı yeraltısuyu rezervi bakımından bölgedeki en önemli akiferi oluşturduğu ve akiferin incelenen sahanın % 50 sinde devam ettiği, özellikle de mevcut sulama alanları altında süreklilik gösterdiği saptanmıştır.

Kumlu kompleks akiferinin merkezi kesiminin basınçlı, doğu ve batısının ise serbest akifer özelliği gösterdiği belirlenmiş, büyüklüklerinin de doğuda 830 km<sup>2</sup>, batıda 1550 km<sup>2</sup>, merkezde basınçlı sahasının 3475 km<sup>2</sup> olmak üzere toplam 5855 km<sup>2</sup> lik bir alana yayıldığı hesaplanmıştır. Akiferin alt sınırının Miyosen yaşlı killi bir birimden (Danişmen Formasyonu) oluştuğu üst sınırının ise Pliyosen yaşlı killi Babaeski formasyonundan (Trakya Formasyonu) oluştuğu belirtilmiştir. Toplam akifer kalınlığı ortalama 200 m olarak ve yayılım alanının orta kesimlerdeki kalınlığının da 350 m yi bulduğu ifade edilmiştir.

Bölgesel yeraltısuyu hareketinin su taşıyan formasyonların daha yüksek kotlardaki beslenme sahalarından gelerek yeraltısuyu havzasının en düşük kotlu kesiminde toplandığı ve akiferin; Pehlivanköy ile Büyük Mandıra arasındaki serbest akifer nitelikli kesiminden boşaldığı saptanmıştır. Yeraltısuyu hidrolik eğimin % 0,02 ile % 0,07 arasında değiştii vurgulanmıştır.

Çalışmada, yeraltısuyu beslenmesinin en önemli bölümünün, akiferin mostra verdiği alanlardan gerçekteştiği öne sürülmekte ve düşey beslenmeyi yarıgeçirimli ve geçirimsiz nitelikli birimlerin engellediği belirtilmektedir. Ayrıca yüzeyden olan sızmaların belirli oranda ana akifere ulaşamadığı ve bağımsız çalışan küçük asılı akiferlerde toplandığından söz edilmektedir.

Kumlu kompleks akiferin boşalımı hakkında önemli görüşler getirilmiştir. Örneğin havza içinde gelişmiş olan bazı büyük vadiler aynı zamanda akiferin esas drenajını oluşturmaktadır. Bu vadilere örnek olarak batıda Hayrabolu Deresi, Ergene Nehri, Teke Deresi, Süloğlu Deresi, Ana Dere, Bayramlı ve Sazlı Dereleri, doğuda ise Ergene Dere ve Çorlu Dereleri verilmiştir.

Ayhan, Dinçel, ve Tuğrul, (1972) : Yıldız Dağları üzerine yaptıkları çalışmada, güneyde “albit içeren granitik, granodioritik gnays” kuzeyde ise “granit, granodiorit kökenli gnays” ların varlığından söz edilmiştir.

Bu serilerin üzerine uyumsuzlukla, Triyas yaşlı şist, fillat ve mermerler ile Jura yaşlı yarı metamorfik kireçtaşlarının geldiği ve bunlara ek olarak Kretase yaşlı konglomera, kireçtaşı, kumtaşı, marn, splitik tuf, ardalamasının yüzelediğini ifade etmişlerdir.

Lebküchner (1974) : Trakya'nın Türkiye Oligoseni üzerine 1957-1969 yılları arasında yapılan etütleri değerlendirmiş kömür içeren Danişmen Formasyonu üzerinde özellikle durmuş ve palinolojik incelemelere göre bu formasyonun yaşının Oligosen olduğunu öne sürmüştür.

Iğdır ve Acar (1978) : Demirköy – Sivrililer arasındaki sahada yaptıkları çalışmada Triyasın kuvarsit ve fillatlar ile, Juranın ise, mermer ve yarı kristalize Kireçtaşlarıyla temsil edildiklerini öne sürmüşlerdir.

Aykol (1979) : Demirköy sokulumunu oluşturan litolojilerin iki farklı mağmadan türediklerini ve bu iki ayrı magmanın ayrı ayrı katılarak ayrılaştıklarını belirtmiştir.

Çengel (1982) : Demirköy – Erenköy arasını araştırdığı jeoloji raporunda en yaşlı birimin Kireçtaşı olduğunu belirtmiştir

Umut, M., Kurt, Z., İmik, M., Özcan, İ., Sarıkaya, H., Saraç, G., (1983) : Trakya Tersiyer havzasında yaptıkları çalışmada, Paleozoik yaşlı kayaçların yeşil – şist fasiyesi ile amfibolit şist fasiyesi arasında metamorfizma geçirdiğini belirtmişlerdir.

Turgut, Siyako ve Dilki (1983) : Trakya Havzasının hidrokarbon olanaklarını araştırdıkları çalışmalarında, havzada, Orta Eosen'de başlayan sedimantasyonun, Alt Oligosen'e kadar devam eden transgresyona kadar kalın denizel sedimanların çökeldiğini belirtmişlerdir. Eosen–Alt Oligosen yaşlı kalın şeyl istiflerinin bol miktarda denizel kökenli sapropelik organik madde içerdiğini ve ana kayaçları oluştuğunu ifade etmişlerdir. Eosen– Alt Oligosen yaşlı denizel kumtaşları, Orta Oligosen fluvyal kumları ve Miyosen denizel kumlarının gözenekli oluşları nedeniyle hazne kaya niteliğindedirler. Havzanın şelf alanlarında ve

paleoyükselimlerde gelişen küçük resif oluşumlarının gözenekli dokuları nedeniyle iyi hazne kaya niteliği taşıdığı belirtilmiştir. Bu kayaçları örten kalın şeyl ve marn istifleri, havzanın örtü kayacı özelliğindedir.

Özatar (1988) : Pınarhisar ve Doğusunda yaptığı çalışmada, Istranca Masifi'nin Güney eteklerinde Orta-Üst Eosen'deki havza gelişiminde etkin olan G-GB yönlü transgresif özellikli denizin ürünü olan taban klastikleri (Koyunbaba Formasyonu-İslambeyli Formasyonu) ile neritik kireçtaşlarının (Soğucak Formasyonu – Kırklareli Kireçtaşları) oluşturduğunu belirtmişlerdir. Eosendeki bu transgresyonu Alt Oligosen'den itibaren bir regresyon devresinin izlediği ve Alt Miyosende diskordansla başlayan istifin, Kumtaşı, congerialı ve oolitli Kireçtaşı, şeyl ve kömürden oluştuğu vurgulanmıştır. Ayrıca Orta Miyosen'de bölgenin bir aşınma ve çökmezlik devresi geçirdiği, Pliyo-Kuvaternerde fluvyal çakıltaşı, kumtaşı ve kilttaşlarının (Ergene grubu) çökeldiğini ileri sürmüştür.

Çopuroğlu (1997) : Silivri-Kavaklı-Ortaköy'ü içine alan yaklaşık 45 km<sup>2</sup> lik bir alanda yaptığı hidrojeolojik çalışmada, Kavaklı havzasının hidrojeolojik sorunları ortaya konmuştur.

İnceleme alanının tamamında, Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonunun gözlendiği belirtilmiş ve istifin iyi tabakalanmış kumlu marn, kumtaşı, kiltası, silttaşı ardalanmasından oluştuğu, söz konusu formasyonun yarı geçirimli taneli ortam karakteri gösterdiği ve bu birimde açılan kuyuların debisinin, 0,3 lt/sn ile 18 lt/sn arasında değiştiği transmissibilite değerinin 3-17 m<sup>3</sup>/gün/m arasında olduğu sonucuna varılmıştır.

Çağlayan ve Yurtsever (1998) : MTA tarafından 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Burgaz-A3-A4, Edirne B2-B3, Kırklareli B4-B5-B6-C6 paftalarının üretilmesi ve revize edilmesi kapsamında yapılan çalışmada anılan paftaların detaylı jeolojisi verilmiştir.

Arkoç ve diğerleri (2001) : Ergene havzasında yer alan belediyelere ait içme suyu kuyularının kimyasal analizlerini değerlendirildiği çalışmada, Çerkezköy, Çorlu, Muratlı, B. Karıştıran, Lüleburgaz kuyularında mevsimsel olarak Mn, Fe, içeriği yönünden WHO ve TS-266 standartlarının aşıldığı sanayileşmenin bu sonuç üzerinde etkilerinin belirlenmesi için ayrıntılı incelenmesinin şart olduğu öne sürülmüştür.

#### **4. ERGENE YERALTISUYU HAVZASI JEOLJİK ÖZELLİKLERİ**

Bu bölümde Ergene Havzasının Çorlu-Çerkezköy arasındaki kesiminin hidrojeolojik araştırılmasına temel oluşturması amacıyla, Ergene ve Çorlu derelerinin yüzey drenaj ve yeraltı drenaj alanının jeolojisi incelenmiştir. Bu amaca yönelik olarak 1412 km<sup>2</sup> lik alanın önceki çalışmalardan hareketle 1/100.000 ölçekli haritası hazırlanmıştır. Harita yapımı aşamasında litoloji ve petrografi özellikleri dikkate alınarak, MTA'nın yaptığı (Alatlı, 1983) adlama kurallarına sadık kalınmıştır (Tablo 4.1).

Arazi çalışmalarında 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından yararlanılmıştır. Haritalanan alandan sondaj loglarına dayandırılarak jeolojik kesitler çıkarılmış ve bu kesitlerden hareketle bölgenin jeolojik panel diyagramı hazırlanmıştır (Şekil B.1, 2).

##### **4.1. Bölgesel Jeolojik Özellikler**

Araştırma alanı Trakya bölgesindeki Ergene Havzası içinde yer almaktadır. Havzanın, kuzeyinde, Permien ve Permien öncesi kayalardan oluşan Yıldız Masifi bulunur. Ergene Havzasında metamorfik temeli oluşturan ofiyolitler, yeşil şistler topluluğu, magmatikler ve çok az miktarda Üst Kretase çökelleri ile Orta Eosenden Miyo-Pliyosene'e kadar olan zaman aralığında çökelen, kalınlıkları havza ortasında 8000-9000 m yi bulan iki farklı çökel topluluğu bulunmaktadır (Şekil 4.1). Gevşek ve çimentolanmamış bu birimler haritalanabilecek büyüklükte yapısal özellikler göstermezler. Havza içinde derin sondajlarda kesilen gömülü fayla mevcuttur (Şekil B.2).

##### **4.1.1. Ergene Havzası stratigrafik özellikleri**

Ergene Havzasının kuzeyinde toplam sediment kalınlığı 1-5 km iken Muratlı ilçesi civarında bu kalınlık 10 km'yi bulmaktadır (Şekil 4.1-4.2). Havzada çökelen

birimlerin tamamı yüzeye çıkmamaktadır. Tabandan yukarıya doğru havzada, Koyunbaba Formasyonu (İslambeyli Formasyonu), Hamitabat Formasyonu, Soğucak Formasyonu (Kırklareli Kireçtaşı), Ceylan Formasyonu, Mezardere Formasyonu, Osmancık Formasyonu, Danişmen Formasyonu, Ergene Formasyonu ve Trakya Formasyonu yer alır. Bu formasyonlardan, Koyunbaba ve Soğucak Formasyonları çalışma alanının kuzeyinde gözlenirken, Danişmen Formasyonu ise güneyde yüzeyler. Ergene Formasyonu ve üzerine gelen Trakya Formasyonu tüm bu formasyonları uyumsuz olarak örter (Şekil B.1, 2).

Tablo 4.1 Ergene Havzasında belirlenen formasyonlara ait adlamalar ve bunların eşleşmeleri

TPAO	MTA	DSİ
Ergene Grubu	Trakya Formasyonu(Tnt)	Babaeski Formasyonu
	Ergene Formasyonu(Tme)	Çorlu Formasyonu
Danişmen Formasyonu(Tod)	Danişmen Formasyonu(Tod)	Danişmen Formasyonu(Tod)
Osmancık Formasyonu(Too)		
Mezardere Formasyonu(Tom)		
Ceylan Formasyonu(Tec)		
Soğucak Formasyonu(Tes)	Kırklareli Kireçtaşı(Tek)	Kırklareli Kireçtaşı(Tek)
Hamitabat Formasyonu(Teh)		
Koyunbaba Formasyonu(Teky)	İslambeyli Formasyonu(Tei)	İslambeyli Formasyonu(Tei)

Bölgede saptanan bu formasyonların yanal ve düşey ilişkisi TPAO' na ait derin sondaj kuyularından hareketle hazırlanan jeolojik panel diyagramda görülmektedir (Şekil B.2). Ergene Havzasına ait Tersiyer yaşlı birimlerin stratigrafisi verilip birbirleri ile olan ilişkileri aşağıda açıklanmıştır.

#### 4.1.1.1. Metamorfik temel ve mağmatik kayalar

Istranca Masifi olarak adlandırılan havzanın kuzey kesiminde gnays, şist, amfibolit, kalkşist, mermer, migmatit gibi Permiyen ve Permiyen öncesi metamorfik kayalar gözlenirken, bu kayalarla geçiş ve sokulum ilişkisi sunan Migmatitik granitler ve granodiyoritler ve Mesozoyik yaşlı metagranodiyoritler ve granitlerdir (Çağlayan ve diğ., 1998).

#### **4.1.1.2. Üst Kretase tortulları**

Istranca grubu olarak adlandırılan tortul kayalar, Yıldız Dağlarının doğu kesiminde metaçakıtaşı, metakumtaşı ve kuvarso-feldspatik şistlerden oluşur. Bu kayaların malzemesi temel metamorfik kayalarından gelişmiştir. Ayrıca İğneada kesiminde de volkano sedimenter bir seri gözlenmektedir (Çağlayan ve diğ., 1998).

#### **4.1.1.3. Hamitabat Formasyonu (Teh, Orta-Üst Eosen)**

Üst Eosen-Alt Oligosen yaşındaki Hamitabat Formasyonu havzanın güneyinde çökelmiş, TPAO tarafından Keşan grubu olarak adlandırılan birimlerin kuzeydeki devamıdır. Fakat Formasyon bölgede yüzeylenmez. Bu çalışmada bu birim Hamitabat Formasyonu olarak adlandırılacaktır.

Petrol ve doğalgaz sondajlarından alınan karot ve kırıntı numuneleri, Formasyonun gri-yeşil renkte olduğunu ve ince-orta taneli kumtaşı ve şeyl ardalanmasından oluştuğunu göstermiştir. Temel fayları önünde iri taneli klastik kamalanmaları oluşturur. Havzanın kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde tuf ve marn ara katlıdır. Çökme ortamı yöresel olarak değiştiğinden türbiditik ortamdan gelgit ortamlarına kadar farklılaşan çeşitli türde çökme ortamları göstermektedir. Kumtaşları yüksek oranda feldspat içerirler ve arkoz özelliği taşır. Ara şeyller koyu gri renkte olup bol denizel kökenli organik madde içerirler. Hamitabat Formasyonu hiçbir yerde yüzlek vermez, havza kenarlarında Soğucak Formasyonu, havza içinde Ceylan Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür (Turgut ve diğ., 1983).

#### **4.1.1.4. Koyunbaba Formasyonu (Tei, Orta-Üst Eosen)**

Formasyon, daha yaşlı metamorfik-magmatik temel karmaşığı üzerine transgresif olarak gelen Orta-Üst Eosen denizinin ilk ürünü olan, çakıtaşı ve kumtaşının hakim olduğu taban klastiklerinden oluşmaktadır. Formasyon, temel üzerine uyumsuz olarak oturur. Üzerine geçişli olarak Soğucak Formasyonu (Eso) gelir. Formasyon tabanda köşeli-yarı köşeli, iri kum ile 50 cm yi aşmayan, kötü boylanmalı, düşük poroziteli, belirsiz tabakalanmalı, üste doğru, çakıtaşları ile başlayan, kumtaşları ile ardalanmalı olan birim, karbonat miktarının artması ile Soğucak Formasyonuna geçer (Turgut ve diğ., 1983).

#### **4.1.1.5. Soğucak volkanikleri (Tevs, Orta-Üst Eosen)**

TPAO tarafından açılan Değirmenköy-1 petrol sondajında kesilen riyolitik tüften oluşan birim muhtemelen bir denizaltı volkanizması sonucu oluşmuş kubbe şeklinde bir görünüme sahiptir (Turgut ve diğ., 1983).

#### **4.1.1.6. Soğucak Formasyonu (Tek, Orta-Üst Eosen)**

Üst Eosen-Alt Oligosen yaşındaki Soğucak Formasyonu, Istranca (Yıldız) Dağlarının güney eteklerinde uzunca, fakat dar bir alanda yüzlek verir. Yüzlek verdiği alanlarda Formasyon, açık gri-bej renkte, mikritik, killi, yer yer bol fosil içerikli, sert ve masif bir kireçtaşıdır. MTA tarafından “Kırklareli Kireçtaşı” olarak adlandırılmaktadır. Yeraltında litolojik özellikleri az çok yüzlek özelliklerine benzese de, şelf yamacının temsil ettiği alanlarda mercan, alg ve fosil birikimlerinden oluşan resif oluşuklarına rastlanır. Havza içine doğru, daha killi bir karakter kazanır ve rengi de daha koyulaşır. Havzanın derinliklerinde üstündeki ve altındaki klastik fasiyesler ile ayırtlanamayacak derecede kil oranı artar ve kamalaşarak kaybolur (Turgut ve diğ., 1983). Şelf alanlarında ve havza kenarlarında Ceylan Formasyonu Soğucak Formasyonunu uyumlu olarak örter, havza içinde onunla yanal geçişlidir (Özatar, 1988).

#### **4.1.1.7. Ceylan Formasyonu (Tec, Orta-Üst Eosen)**

Üst Eosen-Alt Oligosen yaş aralığında bulunan Ceylan Formasyonu, gri-koyu gri, şeyl, marn ve ince kireçtaşı tabakaları ile volkanik tuf içeren bir litolojik çeşitlilik sunar. Kalınlığı yöresel olarak değişir. Güneyde havza içlerinde daha kalın, kuzeyde şelf alanlarında daha incedir ve ayrıca tamamen marnlardan oluşmuştur. Havzanın kuzeyinde, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan bir kuşak boyunca çok kalın camsı tüfler içerir. Silis oranı çok yüksek olan bu tüfler genellikle çok kırılmalıdır. Ceylan Formasyonu Orta Eosen yaşlı Mezardere Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür (Turgut ve diğ., 1983).

#### **4.1.1.8. Mezardere Formasyonu (Tom, Orta-Üst Eosen)**

Gölsel ve kıyasal ortamlarda çökelmiş olan Mezardere Formasyonu, yeşilimsi gri renkli şeyllerden oluşur, yer yer silttaşı ve tuf bantları içerir. Havzanın kuzey

kesimlerinde yerel ince kömür bantları ve gölssel kireçtaşları seviyelidir. 1000 m'ye varan bir kalınlığa sahiptir. Havzanın güneyinde ve Keşan kasabası güneyinde yüzlek verir. Yapırsı dokusu ve yeşil rengi ile arazide çok belirgindir. Alt –Orta Oligosen yaşında olduğu saptanmışsa da yaş veren karakteristik fosillere pek rastlanmaz. Formasyonun üst düzeyinde şeyller karakteristik bir yapıya sahiptirler. Formasyon içinde havza kenarına yakın alanlarda çok ince taneli, sarımtırak renkli ve bol kil matriksli yöresel kumtaşı oluşukları gözlenir. Bunların kalınlıkları 2 ile 5 m ve uzunlukları 500 m dolayındadır. Bu kumtaşlarına “Teslimköy Üyesi” adı verilmektedir. Mezardere Formasyonu Orta –Üst Oligosen yaşlı Osmancık Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür (Turgut ve diğ., 1983).

#### **4.1.1.9. Osmancık Formasyonu (Tos, Orta-Üst Oligosen)**

Delta, fluvial ve gölssel ortam karakterli Osmancık Formasyonu kumtaşı, şeyl ve silttaşı ardalanmasından oluşmuştur. Yöresel olarak yer yer kömür bantları da içerir. Osmancık kumtaşları açık gri, bej renkli, çok ince, yer yer orta taneli yüksek porozitelidir. Bazı durumlarda yeterince diyajenez geçirmediğinden dağılğan yapılıdır. Osmancık Formasyonu, Üst Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür (Turgut ve diğ., 1983).

#### **4.1.1.10. Danişmen Formasyonu (Tod, Orta-Üst Oligosen)**

Üst Oligosen yaşındaki Danişmen Formasyonu gri yeşil şeyl, kıltaşı, silttaşı ve kömür ardalanmasından oluşmuştur. Litolojik özellikleri ile tamamen gölssel bir ortamı temsil eder. Genellikle pekişmemiş bir dokuya sahiptir. İçerdiği kalın linyit tabakaları ekonomik açıdan işletilebilir niteliktedir. Havzanın kuzeybatı ve güneybatı köşelerinde mostra verir. Kalınlığı Miyosen diskordansından dolayı büyük ölçüde değişkenlik gösterir. Formasyon, Ergene grubu klastikleri tarafından uyumsuz olarak örtülür (Çağlayan ve diğ., 1998).

#### **4.1.1.11. Ergene grubu (Tme, Üst Miyosen)**

Kıltaşı ve çakıltaşı mercekli, çapraz katmanlı, gevşek kumtaşlarından oluşan birim Ergene Havzası bütününde geniş yayılım gösterir. Ergene Nehri ve kolları bu formasyon içinde akmaktadır. Formasyonun havza kenarlarında az olan kalınlığı

havza merkezine doğru giderek artar. Muratlı civarındaki TPAO tarafından açılan Ergene-1 petrol sondajında ölçülen derinliği 900 m yi bulurken havza kenarlarında derinliği 40-20 m ye kadar düşer. Ergene Formasyonu genelde beyaz, sarımsı beyaz renkli, çapraz katmanlı kumtaşı ile yer yer killi kumtaşı, kırmızımsı, yeşilimsi renkli kiltası ve az tutturulmuş çakıl mercceklerinden oluşmaktadır. İyi gözenekli, orta-iyi boylanmalıdır. Formasyon tane boyu üst düzeylere doğru giderek incelen bir istif özelliği sunar. Alt kesimleri, yer yer sedimenter yapısı bulunmayan kumtaşı ve/veya yatay katmanlı kumtaşı, siltaşı, kiltası araldanmalıdır. Orta-Üst miyosen yaşlıdır (Çağlayan ve diğ., 1998).

#### **4.1.1.12. Alüvyon (Qa, Kuvaterner)**

Ergene havzasındaki Kuvaterner yaşlı çökeller alüvyon adı altında verilmiştir. Vadi taban ve ağızlarında gelişmiş alüvyonlar küçük ve derinliği fazla olmayan yüzlekler verir.

#### **4.1.2. Ergene Havzası tektonik özellikleri**

Ergene Havzasında oluşan fayların yeri, konumu ve atımı TPAO tarafından yapılan petrol ve doğalgaz sondajları ile, sismik profillerden yararlanılarak ortaya konmuştur (Şekil B.2). Kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı olan bu faylar havzanın tektonik özelliklerine ve jeolojik evrimine uygun olarak gelişen faylanmalardır. Kuzeyde ise fayların büyük çoğunluğu kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda Istranca masifine paralel uzanan merdiven basamağı şeklinde gelişen gravite faylarıdır (Özatar, 1988). Havzanın orta kesimlerinde antiklinal ve senklinal yapıları mevcuttur. Genel bilgi amaçlı söz edilen bu yapılar, Trakya Tersiyer Havzası hidrokarbon üretimi yapılan yapılar olup, buna benzer yapıların ortaya çıkarılması için çalışmalar yapılmaktadır.

#### **4.2. İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri**

İnceleme alanı, Ergene Havzasının kuzeydoğusunda, kuzey şelf alanında kalır. Kuzeyde Ergene ve Çorlu Dereleri drenaj alanı sınırında Yıldız Dağı metamorfiklerini oluşturan Permiyen ve Permiyen öncesi Metamorfik kayalar gözlenir. Bu kayaların üzerine uyumsuzluk ile Eosen ve Oligosen yaşlı birimler



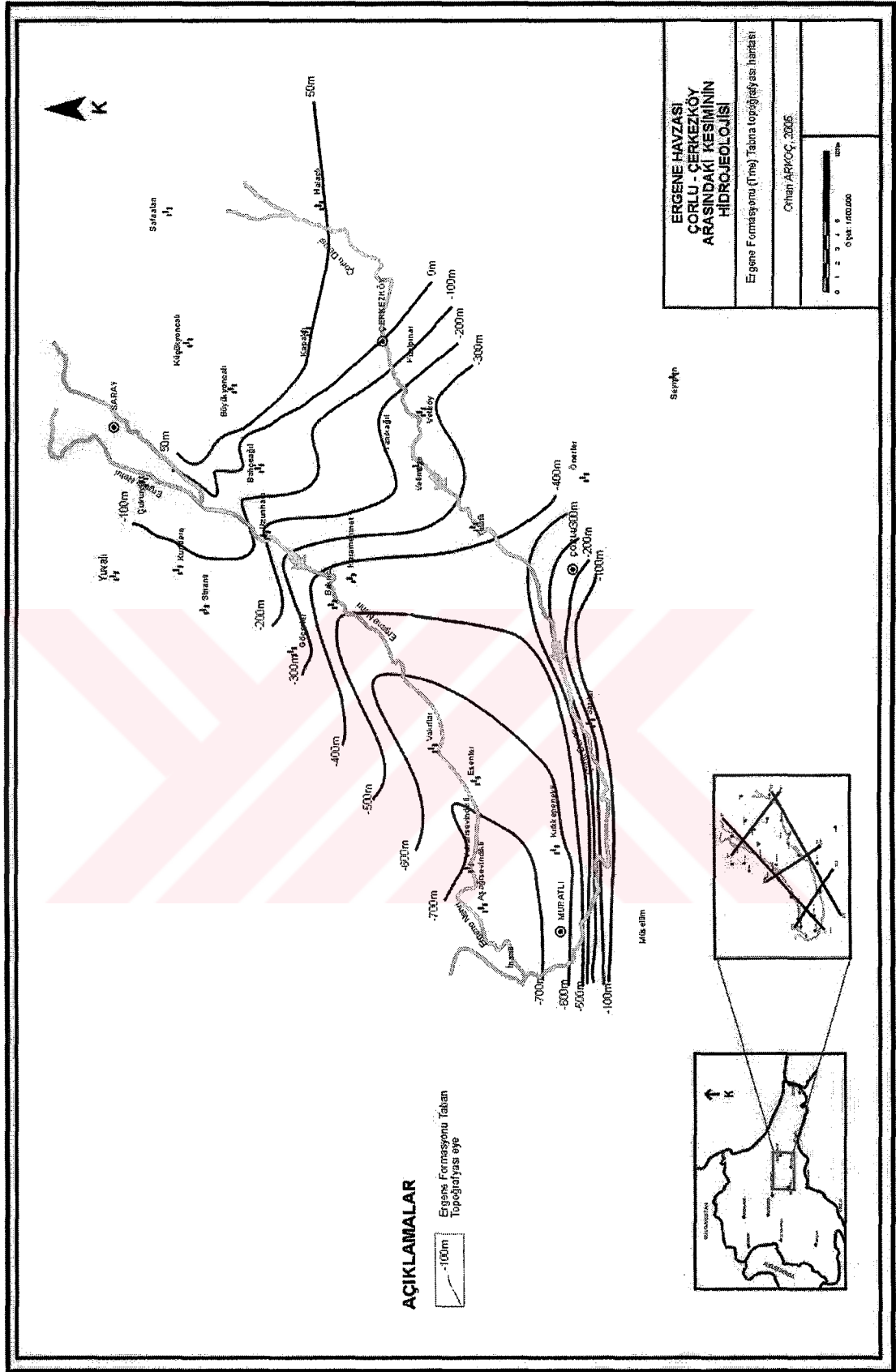
gelir. Çanak şeklindeki havzanın ortasında ise Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimler yer alır. Güneyde ise dar alanlarda Kuvaterner yaşlı volkanizma gözlenir. İnceleme alanı kuzeyinde toplam sediment kalınlığı 1-5 km, Muratlı ilçesi dolayında 10 km kadardır (Şekil 4.2).

Jeoloji haritası ve sondajlardan hareketle hazırlanan panel diyagram incelendiğinde, Ergene Formasyonunun inceleme alanının büyük bir kesiminde yüzeylediği görülmektedir (Şekil B.1, 2). Kuzeyde, Permian ve öncesine ait Kızılağaç metagraniti, Tekedere Grubu ile bunların üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen yaşlı İslambeyli Formasyonu, Kırklareli Kireçtaşı, Oligosen yaşlı, Pınarhisar Formasyonu gözlenirken, Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonu havzanın güneyinde yer almaktadır. Orta kesimde ise Üst Miyosen yaşlı Ergene Formasyonu, Sinanlı Formasyonu, ve bunların üzerine gelen Pliyosen yaşlı Trakya Formasyonu bulunmaktadır (Şekil 4.1).

İnceleme alanına ait jeolojik panel diyagramın I - I' kesitinde Ergene Havzasını oluşturan sedimentler kayaçlar ile Metamorfik temel arasındaki çökeltim ilişkisi açıkça görülmektedir. Metamorfik temelin taban topografyası nedeniyle, kuzeyde yer alan birimlerin kalınlıkları az iken, orta kesimlere doğru havzanın derinleşmesi ile bu kalınlık artar. Ergene Formasyonu kuzeyde V-V' kesitinde 100-150 m kalınlık sunarken, orta kesimlerde III-III' ve IV-IV' kesitlerinde bu kalınlık 500-800 m ye çıkar(Şekil B.3) (Şekil 4.2). Araştırma alanının kuzeyinde yüzeylemeyen Danişmen Formasyonunun V-V' kesitinde kalınlığı, 300-350 m iken, güneyde II-II' ve III-III' kesitlerinde bu kalınlık 600 m yi bulmaktadır (Şekil B.4).

#### **4.2.1. Tekedere Grubu (Pzt, Paleozoyik)**

Tekedere Grubu, Istranca Masifi metamorfik kayalarının temelini ve bölgesel ölçekte en yaşlı birimi oluşturur. Çeşitli mineral parajenezindeki biyotitli şist, granatlı şist ve bunlarla geçişli kalkışist merccekleri ile kuvarslı feldspatik şistler, amfibolit, biyotitli gnays ve yer yer görülen migmatitler ile bu kayaçları kesen alkali granitik kayaçlar ve aplit, pegmatitler Tekedere Grubu adı altında toplanmıştır (Çağlayan ve diğ., 1998). İnceleme alanında Saray ilçesinin kuzeydoğusunda da çoğunlukla amfibolit şist ağırlıklı olarak gözlenir.



Şekil 4.2 Ergene Formasyonu taban topoğrafyası haritası

Tekedere Grubu kayaçlarının ilk tanımlaması Pamir ve Baykal (1947) tarafından yapılmıştır. Ayhan ve diğerlerinin (1972) de ayırtladıkları albit granodiyoritik gnays, Tekedere Grubu teriminin karşılığı olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada Çağlayan ve diğ. (1998) de verdikleri Tekedere Grubu ismi benimsenmiştir.

#### **4.2.2. Kızılağaç metagraniti (Pkk, Paleozoyik)**

Pembemsi gri, pembemsi beyaz renkli, seyrek iri mikroklin kristalli, K-feldspat porfiroblastlı, kaba foliasyonlu, kataklazmaya uğramış kesimleri şist yapıdaki, gnaysik granitlerdir. İnceleme alanında Saray ilçesinin kuzeyinde gözlenir Pembe renkli K-feldspat kristallerinin az ya da çok oluşu kayacın rengini belirler. Biyotitlerin yoğunlaştığı yerde renk, yeşilimsi siyah bantlı bir görünüm sunar. Granitik dokunun korunduğu kesimler mikroklin, kuvars ve az miktarda biyotit ve muskovitten oluşmuştur. Kataklazmanın etkisi ile bazı kesimlerde kayacın mineral boyutu incelmış, milonitik gnays ve milonit şist görünümü hâkim olmuştur.

Çağlayan ve diğ. (1998) tarafından Kömürköy-Kızılağaç yolu boyunca tipik yüzeylemeleri gözlendiği için yapılan adlama bu çalışmada da kullanılmıştır.

#### **4.2.3. İslambeyli Formasyonu (Tei, Orta-Üst Eosen)**

Çakıltaş, kumtaş, killi kireçtaş, kumlu kireçtaş ardalanması ile kumtaş ve marnlardan oluşmuştur. İlk olarak Keskin (1966) tarafından “İslambeyli Formasyonu” olarak adlandırılmıştır. İnceme alanında Safaalan ilçesinin kuzeybatısında gözlenir.

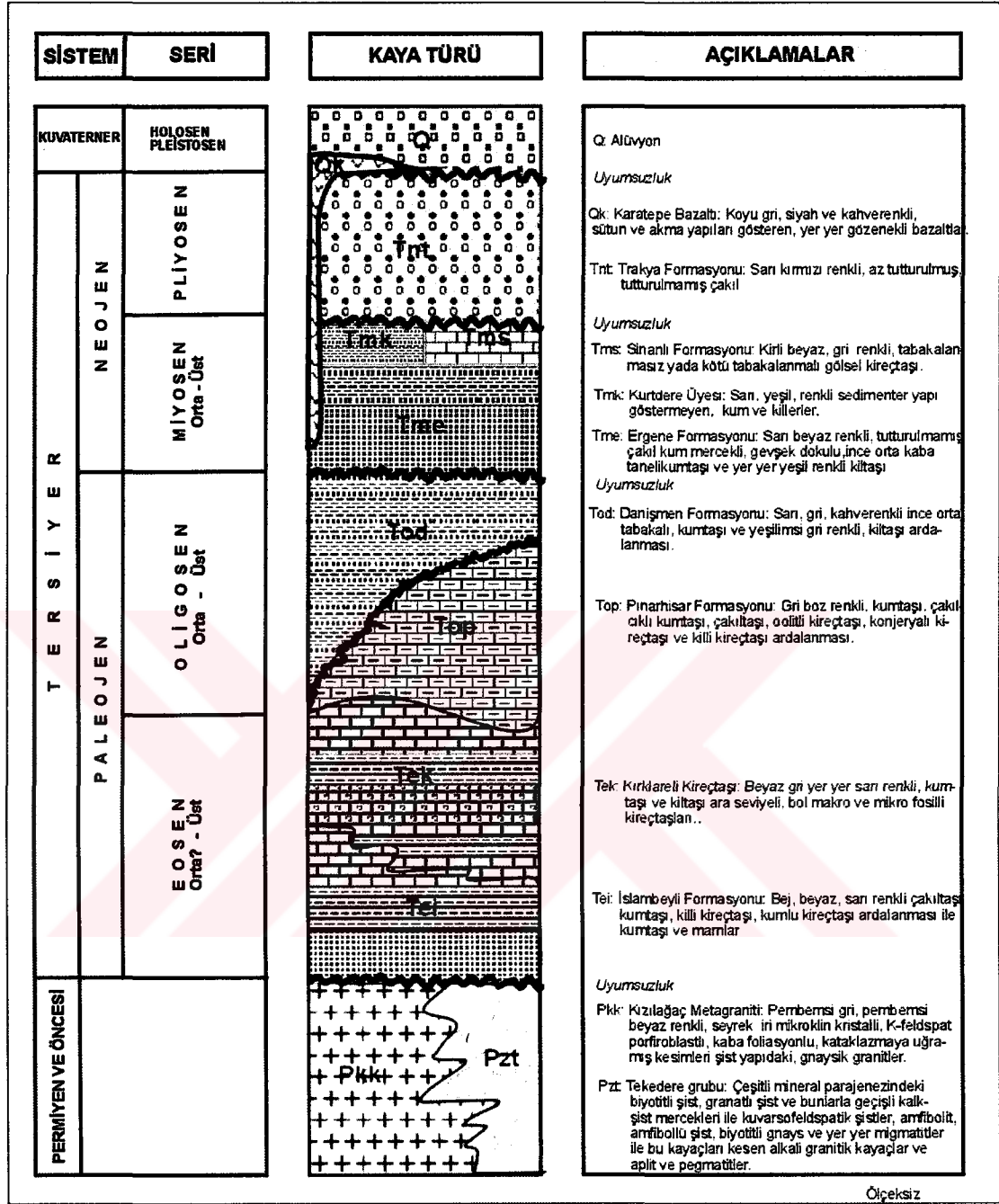
İslambeyli Formasyonu, Tekedere Grubu kayaçlarını faylı ve uyumsuz olarak üstler. Formasyon Trakya havzasının oluşmasını sağlayan basamak fayların alçalan blokları üzerinde gel-git ortamlarında gelişmiştir. Genelde tabanda az tutturulmuş, kötü boylanmalı, köşeli blok, çakıl ve kaba kumdan oluşan akarsu çökelleriyle başlar. Üzerine sarı, kirli beyaz, gri renkli, karbonat çimentolu, sert, sıkı tutturulmuş, kumtaş, kiltaş, killi kireçtaş, marn ve kireçtaş ardalanmaları gelir. Keskin (1966) İslambeyli Formasyonunun kırıntılılar ve marnlardan oluşmuş 100 m kalınlığında bir birim olduğunu, Üst – Lütesiyen–Piriaboniyen yaş aralığında bulunduğunu makro fosillere dayanarak saptamıştır. TPAO sondajlarında ölçülen Formasyon kalınlığı 109 m dir.

İslambeyli formasyonu'nun temel karmaşığı üzerine gelen ilk formasyon olduğı ve Kırklareli Kireçtaşları ile dereceli geçişli olduğı ileri sürülmüştür. Turgut ve diğ. (1983) çalışmalarında bu birime "Koyunbaba Formasyonu" ismini vermişlerdir. Özatar (1988) tarafından Pınarhisar ve doğusunda yaptığı çalışmada Istranca masifinin güney eteklerinde Orta – Üst Eosende havzanın oluşumunda etkin olan güney-güneybatı yönlü ve transgresif özellikli bir denizin ürünü olan taban klastikleri olarak tanımladığı bu birime "Koyunbaba Formasyonu" ismini vermiştir. Bu çalışmada ise Keskin (1966) ile Çağlayan ve diğ. (1998) çalışmalarında aynı birime verdikleri "İslambeyli Formasyonu" ismi benimsenmiştir.

#### 4.2.4. Kırklareli Kireçtaşı (Tek, Orta-Üst Eosen)

Kumtaşı ve kiltası ara seviyeli, bol makro ve mikro fosilli kireçtaşlarında oluşan bu birim, ilk kez Keskin (1966) tarafından kullanılan Kırklareli Kireçtaşı adı altında ayırtlanmış ve tanımlanmıştır.

G-GD yönlü sıcak ve sığ bir denizin transgresyonu ile Trakya Havzasının kuzey shelf alanında çökelen birim, Yıldız dağlarının güney eteklerine açısız uyumsuzlukla Bulgaristan sınırından itibaren Çatalca'ya kadar tüm Trakya'da, çökelmiştir. İnceleme alanında Saray ilçesi kuzeyinde gözlenir. Üst dokanağı Kızılağaç Metagraniti ile uyumsuz iken, üst dokanağı Pınarhisar Formasyonu ile ardalanmalı geçişlidir. TPAO'nun açtığı kuyularda kalınlığı 10 ile 303 m arasında değişmektedir. Genelde beyaz, grimsi beyaz ve krem renkli, bozuşma rengi, açık gri, orta kalın katmanlı, genelde az eğimli, yataya yakın tabakalı, bol nummulit fosilli resifal kireçtaşı özelliğindedir. Birim, çökme ortamlarının farklı olması nedeniyle çeşitli yerlerde farklı özellikler sunar. Bu nedenle, birimi tek bir litoloji ile tanımlamak güçtür. Resif karmaşığı karbonatlarını kapsayan birim için fasiyes ayırımına gidilmemiştir (Çağlayan ve diğ. 1998). Kırklareli Kireçtaşlarından alınan örneklerde, *nummulites* cf. *chavannesi* de la HARPE , *Halkyardia minima* (LIEBUS) ; *Nummulites* sp ; *Operculina* sp ; *Discocyclina* sp ; *Sterigina* sp.; Miliolidae faunası tanımlanmıştır. Resif yamacına ait olan örneğe Üst-Lütesiyen-Priaboniyen yaşı verilirken, resif gövdesinden alınan örneklerde gözlenen *Chapmania gassinensis* (Silvestri), *Europertia* sp., *Asterigerina* sp. , *Syparogysina* sp., *Missisipina* sp. , *Gypsina* sp. fosillerine göre birim Priaboniyen yaşındadır (Çağlayan ve diğ.,1998).



Şekil 4.3 Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti, ölçeksiz ( Çağlayan ve diğ.,1998 den değiştirilerek )

Bu verilere göre Kırklareli kireçtaşları resiflerin geliştiği ve taban kısmı, Lütésiyen; birimin orta ve üst kesimleri ise Üst Eosen yaşında olmalıdır.

Kırklareli kireçtaşı; Pamir ve Baykal' ın (1947) ayırtladığı resifal kalker, Özatar (1988) in neritik kireçtaşları olarak belirtip Soğucak Formasyonu olarak adlandırdığı birim ile Turgut ve diğ. (1983) Soğucak kireçtaşı, Umut ve diğerlerinin (1983) ve

Keskin (1966) ile Çağlayan ve diğ. (1998) çalışmalarında yer alan Kırklareli kireçtaşlarının tam karşılığıdır. Bu çalışmada birim için “Kırklareli Kireçtaşı” ismi benimsenmiştir.

#### 4.2.5. Pınarhisar Formasyonu (Top, Orta-Üst Oligosen)

Pınarhisar Formasyonu kumtaşı, çakılcıklı kumtaşı, çakıltaşı, oolitle kireçtaşı, konjeryalı kireçtaşı ve killi kireçtaşı aralanmasından oluşur ve inceleme alanında üç yerde gözlenir. Bunlar, Saray ilçesi kuzeyi ve Safaalan ilçesi kuzeybatısı ve Büyük ve Küçük Yoncalı köyleri arasındadır. Kırklareli Kireçtaşı ile dokanağı inceleme alanındaki havzanın kuzey kenarındaki etkin alçalma ve yükselmelere bağlı olarak uyumsuzdur (Çağlayan ve diğ.1988). Gri, boz renkli, ince orta tabakalı, bol miktarda yuvarlak kuvars ve kireçtaşı çakıllı konglomera, onunda üzerinde beyaz , bej renkli oolitle kireçtaşı, onun üzerinde çakıllı, orta tabakalı, gastrapod ve lamellibrans kavkılı kireçtaşları ile devam eden formasyonun üst kısımlarında mangan içeren köşeli çakıltaşları, manganlı kumtaşı, oolitik kireçtaşı ve konjeryalı kireçtaşı yer alır (Çağlayan ve diğ., 1998).

Pınarhisar Formasyonu, litoral, sublitoral ve lagüner ortamda çökelmiş birimler içerir. Tabanda yer alan kuvars kumlu çökeller ve oolitik kireçtaşı, litoral ortamda; çakıllı, kumlu kireçtaşları ise sublitoral ortamda çökelmiştir. Üst kısımdaki konjeryalı kireçtaşlarının varlığı düşük enerjili lagün ortamını yansıtır (Çağlayan ve diğ., 1998). Bu durum Pınarhisar Formasyonunun regresif bir istif olduğunu gösterir.

Literatürde Pınarhisar Formasyonunun Nummulites fosili içerdiği tek yer olarak, Kırklareli Dolhan köyü belirtilmektedir (Umut ve diğ., 1983). Bu lokasynda yapılan yaş tayininde birime Oligosen yaşı verilmiştir. Vize yakınlarında alınan örneklerde ; *Halkyardia* sp., *Rotalia* sp., *Globigerina* sp., *Bolivina* sp., *Lagena* sp., *Sphaerodina* sp. ve broyozoa fosilleri bulunmuş ve yaşının Üst Eosen, alt Oligosen olduğu belirtilmiştir (Umut ve diğ., 1983). Çakıllı köyü manganez ocaklarında bulunan köpek balığı dişleri de; *Odontaspis hopei* AGASSIZ; *Odontaspis cuspidata* AGASSIZ; *Odontaspis acuissima* AGASSIZ, türleri tanımlanmış ve buna göre birimin yaşı Oligosen olarak kabul edilmiştir.

Keskin (1966), Turgut ve diğerleri (1983), Umut ve diğ. (1983) ile, Özatar (1988) tarafından formasyon aynı adla adlandırılmış havzanın ortasındaki eşdeğerinin

Mezardere Formasyonu olduğunu belirtilmiştir. Çağlayan ve diğ. (1998) birime Pınarhisar Formasyonu adını vermişlerdir. Bu çalışmada Pınarhisar Formasyonu adlanması benimsenmiştir.

#### **4.2.6. Danişmen Formasyonu (Tod, Orta-Üst Oligosen)**

Trakya Havzasında ekonomik kömür seviyeleri içeren ve kiltası, silttaşı, kumtaşı ardalanmasından oluşan birime Danişmen Formasyonu adı verilmiştir. Birim adını Keşan (Edirne)'nin Danişmen köyünden alır. Ekonomik yönden değer taşıdığından Trakya Havzasının en iyi incelenen birimidir. İnceleme alanında Çorlu ve Muratlı arasında gözlenmektedir.

TPAO tarafında yapılan sondajlarda kalınlığının 300-200 m arasında değiştiği belirlenmiştir. İnceleme alanı dışında Pınarhisar Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. İnceleme alanında ise üst dokanağının Ergene Formasyonu ve Trakya Formasyonu ile uyumsuz bulunduğu gözlenmiştir.

Danişmen Formasyonu çalışma sahasında, Sarılar köyü batısında, sarımsı kahverengimsi gri, gri renkli, mikalı kumtaşı ve ardalanmalı yeşilimsi gri renkli marn, kiltası, silttaşından oluşur. İnceleme alanında linyitli seviyeler içermez. Genel olarak yatay ve yataya yakın tabakalanma sunan birimde, yer yer gözlenen akıntı izleri çökelpmenin durgun su koşullarında geliştiğini gösterir. Bitki kalıntıları, çökelpme sırasında bitki örtüsü varlığını kanıtlar. İnceleme alanında gözlenmeyen linyitler otokton olup, bataklık ortamını yansıtır (Çağlayan ve diğ., 1998). Danişmen Formasyonunda ender olarak gastrapod, balık ve bitki fosili bulunur. Kömür ocaklarında ise omurgalı fosilleri yaygındır. Lamellibrans ve gastrapodlar iyi korunmuş olmalarına rağmen, kumlu seviyelerde yaş tayinine imkân vermemektedir. (Umut ve diğ., 1983). Formasyona buldukları fosillere göre Oligosen, Orta Oligosen yaşı verilmiştir. Lebküchner, (1974) Danişmen dolayındaki lamellibrans, gastrapod ve ostrakodlara göre birimin yaşını Alt Oligosen, kısmen Üst Oligosen olarak belirtmiştir.

Lebküchner (1974) in linyitli kumtaşı ve Italconsult (1970) in Miyosen-Oligosen killi birimi karşılığı olarak, Umut ve diğ. (1983), Turgut ve diğ.(1983), Özatar (1988) ve Çağlayan ve diğ. (1998) deki Danişmen Formasyonu adlanması bu çalışmada da benimsenmiştir.

#### 4.2.7. Ergene Formasyonu (Tme, Üst Miyosen)

Kiltaşı ve çakıлтаşı mercekli, çapraz katmanlı, gevşek kumtaşlarından oluşan birim Ergene Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, tüm Trakya havzasında ve özellikle havzanın orta kesimlerinde geniş yayılım gösterir. Ergene nehri ve kolları bu formasyon içinde gelişmiştir. İnceleme alanında Muratlı, Çorlu, Çerkezköy, Safaalan ve Saray'a kadar olan geniş alanda gözlenir.

Ergene Formasyonu, kendisinden yaşlı formasyonlardan kuzeyde Saray ve Safaalan yakınında Kırklareli kireçtaşı, Pınarhisar Formasyonu ile Tekedere Grubu, Güneyde ise Sarılar ve Müsellim yakınında Danişmen Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Çağlayan ve diğ., 1998).

Formasyonun havza kenarlarında kalınlığı azdır (Şekil.4.1). Kuzeyde Kapaklı, Büyük Yoncalı ve Çukuryurt kesiminde kalınlığı 100 m civarında iken havza ortasında kalınlığı 500 m ye ulaşır. Formasyonun en kalın gözlendiği kesim 900 m ile Aşağı Sevindikli civarıdır. TPAO na ait Çerkezköy de açılmış sondajlarda kalınlığı 160 m iken DSİ nin sondajında kalınlığı 160-170 m dolayındadır. Veliköy' deki TPAO sondajında kalınlık 480 m dir. DSİ nin Çorlu' daki sondajlarında 200 m, Aşağı Sevindikli' de ise 930 m kalınlık ölçülmüştür.

Ergene Formasyonu genelde beyaz, sarımsı beyaz renkli, çapraz katmanlı kumtaşı ile yer yer killi kumtaşı, kırmızımsı, yeşilimsi renkli kiltaşı ve az tutturulmuş çakıl merceklerinden oluşmaktadır (Çağlayan ve diğ., 1998). Birimi kesen tüm sondajlarda tane boyunun üst seviyelere doğru inceldiği gözlenmektedir. Birimin ilk 60-110 m si killi-silt, sonraki yaklaşık 100 m si kumlu-silt litolojisi sunmaktadır. Büyük ve küçük ölçekli düzlemsel ve çapraz katmanlanmalardaki akıntı yönünün genel olarak güneydoğuya doğru tek yönlü olması tek yönlü akıntılar tarafından oluşturulduğunu gösterir. Birimin üst seviyelerinde yaygın olarak bulunan kırmızı veya yeşil renkli killer ise durgun su koşullarında çökelmiştir. Bu özellikleriyle formasyon, örgülü veya menderesli akarsu ortamı çökelleri olarak yorumlanabilir. Çapraz katmanlı çakıлтаşı ve kumtaşları kanal çökellerini, kil ve siltler ise, taşkın ovası çökellerini karakterize etmektedir (Çağlayan ve diğ., 1998). Alt kesimleri ise, tabakalanma göstermeyen, kumtaşı ve çakıлтаşı merceklerinden oluşmuştur.

Umut ve diğeri (1983) yaptıkları çalışmada birimin yaşını Üst Miyosen olarak verirken, Çağlayan ve diğ. (1998) de önceki çalışmalar ve kaya türü ilişkisine dayanarak birimin yaşını, Orta-Üst Miyosen kabul etmiştir. Lebeckühner (1974) in Oligosen üzerine gelen daha genç birimler olarak ayırtladığı Ferrai ve Demirli Formasyonu, Umut ve diğ. (1983) nin Kurtdere ve Velimeşe formasyonları, Turgut ve diğ. (1983) ile Özatar (1988) in Ergene grubunun, Çağlayan ve diğ. (1998) in Ergene Formasyonunun tam karşılığıdır. Bu çalışmada da Ergene Formasyonu adlanması benimsenmiştir.

#### **4.2.8. Kurtdere Üyesi (Tmk, Üst Miyosen)**

Tabakalanma, sedimanter yapı ve fosil gözlenmeyen Kurtdere Üyesi, sarı, yeşil renkli kum, killi kum ve yeşil renkli killerden oluşur. Birim Ergene Formasyonu'nun üst seviyelerinde sınırlı bir yayılım sunar. İnceleme alanında Ergene nehri boyunca, Aşağı Sevindikli, Esenler ve Karamehmet köyleri civarında gözlenir. Kalınlığı Ulaş yakınlarında yaklaşık 50 m dir.

Umut ve diğeri (1983) tarafından Kurtdere üyesi olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.

#### **4.2.9. Sinanlı Formasyonu (Tms, Üst Miyosen)**

İnce-orta tabakalı çamurlu kumtaşı ve kiltası ara seviyeli, tabakalanmasız gölsel kireçtaşları, Sinanlı Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim çalışma alanında Sinanlı, Karlıköy ve Uzunhacı köyleri civarında gözlenir. İsmi en iyi gözlendiği yer olan Sinanlı köyünden almıştır. Altındaki Ergene Formasyonu ve üzerindeki Trakya Formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişlidir. Akarsu ve göl sedimentlerden oluşmuştur. Formasyon beyaz-kirli beyaz, gri renkli gölsel kireçtaşlarından şekillenmiştir. Çoğu tabakalanmasız, yer yer kötü tabakalanmalıdır (Çağlayan ve diğ., 1998).

Formasyon içinde yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmadığından, yaş stratigrafik konumuna dayanılarak Umut ve diğeri (1983) ve Çağlayan ve diğ. (1998) tarafından Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada da aynı yaş ve adlandırma benimsenmiştir.

#### 4.2.10. Trakya Formasyonu (Tnt, Pliyosen)

Çimentolanmamış çakıl ve kaba çakıllı çakıltaşı, kumtaşı ve az miktarda kiltaşından oluşan birim Trakya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanının farklı yörelerinde yüzeyleir. Batıda Vakıflar, Göçerler, Kurtdere ve Çukuryurt, kuzeyde Saray ve Safaalan arasında, havza ortasında, Velimeşe ve Yanıkağıl köyleri arasında, güneyde Çorlu ilçesinin kuzey ve güneyinde gözlenir.

Trakya Formasyonu, kendisinden yaşlı tüm formasyonlar üzerine uyumsuz olarak gelir. Kırmızı, kahve, açık kahverengimsi sarı, bazen beyaz renkli ve çapraz tabakalanmalı, kötü boylanmalı, kırmızımsı kil-silt matiksli, çimentolanmamış tanelerden oluşur. Taneler çoğunlukla kuvars, kuvarsit çakıllı, nadiren şist, gnays, metagranit ve volkanit parçacıklıdır. Tabanda bazen yeşilimsi gri renkte killer gözlenir (Umut ve diğ., 1983). Yulaflı civarındaki sondajlarda ölçülen Trakya Formasyonu 130 m dir. Bunun 90 m si kumlu çakıllı, kalan 40 m lik kesim ise killidir. Yıldız Dağı metamorfik kayaçlarına yakın kesimlerdeki kaba taneli doku, metamorfiklerden uzaklaştıkça yerini daha ince bir dokuya bırakır (Çağlayan ve diğ. 1998). Formasyon içerisinde silisleşmiş ağaç kalıntıları gözlenmiştir (Umut ve diğ., 1983). Matiksli kırmızı ve kahverenkli karasal çökellerden oluşan çakıltaşları, moloz ve çamur akması sonucu depolanmış, daha ince tanelerden oluşan kumtaşları ise akarsular tarafından taşınıp biriktirilmiştir. Bu özelliklere göre formasyon, Istranca masifinden beslenmiş ve genellikle Ergene Formasyonu üzerinde gelişmiş bir alüvyon yelpazesi özelliğindedir.

Umut ve diğ. (1983) Trakya Formasyonunun, Üst Miyosen yaşlı Ergene Formasyonunun üzerinde yer alması ve Sinanlı Formasyonunun üst kısımları ile geçişli olması nedeniyle Pliyosen–Pleistosen yaşlı olabileceğini belirtirken, Lebckühner (1974) birime Pliyosen, Turgut ve diğ. (1983) ile Özatar (1988), Çağlayan ve diğ. (1998) Pliyosen yaşını vermişlerdir.

Trakya Formasyonu; Italconsult (1970) in Babaeski Formasyonu, Lebckühner (1974) ün Trakya Katı, Umut ve diğ. (1983) ün Yarmatepe Formasyonu, Turgut ve diğ. (1983) ile Özatar (1988) in Ergene Grubunun üst seviyelerinin, Çağlayan ve diğ. (1998) in Trakya Formasyonu'nun tam karşılığı olarak kullanılan diğer adlamalardır. Bu çalışmada Trakya Formasyonu adlaması benimsenmiştir.

#### **4.2.11. Karatepe Bazaltı (Qk, Kuvaterner)**

Genelde koyu gri, siyah ve kahverenkli, sütun ve akma yapılı yer yer gözenekli bazaltlar Çorlu ilçesi güneybatısında Karatepe mevkiinde ve Balabanlı köyü, Kartaltepe mevkiinde gözlenir. İsmi Karatepe'den almıştır. Petrografik incelemelerde, politaksitik dokulu, başlıca, plajoklas (labrador) ve piroksen, ender olarak da olivin ve epidot mineralleri tanımlanmıştır. Umut ve diğerleri (1983) tarafından isimlendirilen birim, Pleistosen yaşlı olarak kabul edilmiştir.

#### **4.2.12. Alüvyon (Qa, Kuvaterner)**

Akarsu vadilerinde ve düzlüklerde oluşan çakıl, kum, silt ve kil depolanmalarına Alüvyon adlanması yapılmıştır. Araştırma alanında, Çorlu deresi aksında, Çorlu ilçesinden itibaren, Ergene deresi aksında ise Bakırca köyü civarından itibaren Muratlı ilçesindeki Ergene ve Çorlu derelerinin birleştiği kesimde gözlenmektedir.

### **4.3. Yapısal Jeoloji**

İnceleme alanının büyük bir kısmını kaplayan Oligosen ve Miyosen yaşlı gevşek ya da çimentolanmamış birimler, haritalanabilecek büyüklükte yapısal özellikler göstermezler. Kuzeyde Istranca masifi metamorfiklerini oluşturan kayalar içerisinde ise faylanmalar gözlenmektedir. Havza içerisinde gömülü ve aktif olmayan faylar mevcuttur.

#### **4.3.1. Tabakalar ve kıvrımlar**

İnceleme alanının Kuzeyinde yer alan Kırklareli Kireçtaşları 0-15° eğimli ya da yatay tabakalanma gösterir. Tabaka kalınlıkları 15-25 cm arasında değişir. Genel yönelimleri  $K(30-35^\circ)B/(10-15^\circ)GB$  dir. Bazı kesimlerde resifal özellik sunmasından dolayı tabakalanma gözlenmez. Ergene Formasyonu içinde büyük ölçekli antiklinal ve senklinal yapıları bulunur. Bu yapılar günümüzdeki genel morfolojik görünümünün oluşumunda belirleyici olmuştur (Şekil B.3).

#### 4.3.2. Faylar ve çatlaklar

İnceleme alanının Kuzeyinde, KB-GD uzanımlı Normal faylar ve ikinci fay sistemini oluşturan KD-GB uzanımlı normal faylar gözlenir. Bu faylardan biri ve olası diğer faylar, İslambeyli Formasyonu ile Tekedere Grubu ve Trakya Formasyonu arasındaki dokanağı oluşturur.

#### 4.4. Jeolojik Evrim

İnceleme alanında Permiyen ve öncesine ait olan, ayrıca Istranca masifi metamorfik kayaçlarının temelini ve en yaşlı birimini oluşturan almandin-amfibolit fasiyesi ile yeşil şist fasiyesinde değişen granit ve sedimanter kökenli metamorfik kayaçların bulunduğu Tekedere Grubu kuzeyde yer alır. Yine Permiyen yaşlı olan ve az yapraklanmalı, porfiroblastik doku göstermeyen metagranitler Tekedere Grubu kayaçları ile uyumludur. Paleosen - Üst Kretase'de havzanın açılması sonunda, Orta Eosen de güneybatıdan, kuzey-kuzeydoğu yönüne doğru transgresif bir dönem başlamıştır. Başlangıçta küçük bir denizel koridor niteliğini taşıyan bu dönemdeki havzada yer yer kapalı denizel ortamlar da gelişmiştir. Eosen-Alt Oligosen aralığında ise transgresyonun havzada maksimum yaygınlık gösterdiği dönemdir. Bu dönemde havza dar koridorlar aracılığı ile Karadeniz havzasına bağlanmış durumdadır.

Transgresif dönemin başlangıcında, ince klastiklerden oluşan fasiyeslerin oluşması, başlangıç döneminin hareketsiz olduğunu gösterir. Malzemesini basamak faylarının düşmüş bloklarında toplanan klastiklerden almıştır. .Bu klastiklerden oluşan birim temel üzerine uyumsuz olarak gelir. Transgresyonun devam etmesi ile Üst Eosende havzadaki platform alanlarda ve paleoyükselimlerde marn ve karbonat türü fasiyesler çökelmiştir. Havzanın olgunlaşma döneminde sondaj kuyularından elde edilen verilere göre aktif bir volkanizma görülür. Çökelme ile eş zamanlı bulunan volkanizma ürünleri olan riyolit, dasit, andezitik tuf havzanın ortasında yer alan ve harita alanında gözlenmeyen Ceylan Formasyonu içinde tuf ve tüfit seviyeleri oluşturmuştur. Bu da havzadaki volkanik faaliyetlerin, Orta- Üst Eosende başladığını göstermektedir.

Alt Oligosenin sonlarına doğru transgresif olgunlaşma dönemi sona ermiş ve havzada genel bir regresyonel çökelme ortamı gelişmeye başlamıştır. Bu ortama paralel olarak, daha önce hakim olan hızlı çökme ve çökelme havzada etkisini yitirmiştir. Bu durum çevredeki tektonizmanın etkisini yitirdiğini göstermektedir. Bu dönemde havzadaki hakim çökelme ortamları, fuluviyal, sahil yakını ve yer yer denizeldir. Bölgesel tektonizmanın etkinliğini kaybetmesi ile havzanın kaba klastiklerle beslenmesi engellenmiş, daha çok kalın gölsel şeyl, marn ve kireçtaşları ile kömür ve fuluviyal karakterde kumtaşı ve silttaşlarından oluşan bir sedimanter istif gelişmeye başlamıştır. Yine bu dönemde volkanizma da etkinliğini yitirmiş ve klastik istif tuf malzemedan yoksun kalmıştır.

Üst Oligosen sonu ile Alt Miyosen başlarında havza bütünü ile yükselmiş ve muhtemel bir aşınma fazı başlamıştır. Üst Oligosen sonlarına doğru havzanın büyük bir kesimi karasal ortama dönüşmüştür. Bu ortamın ürünü olarak, uyumsuzlukla tüm Miyosen öncesi birimleri örten akarsu ortamı çökellerinden çakıltaşı ve kumtaşından oluşan kalın bir istif çökelmiştir. Geç Üst Miyosen–Pliyosen’de tüm birimler üzerine uyumsuzlukla akarsu kökenli kırmızı renkli kumtaşlarından oluşan birim gelmiştir.

## **5. ÇORLU-ÇERKEZKÖY KESİMİNİN HİDROJEOLJİSİ**

İnceleme alanı Ergene Nehri ile Çorlu Derelerinin başlangıç kesimleri ve bu nehirlere ait yüzey beslenme alanlarını kapsar. Ergene Nehri, İnanlı köyü yakınlarında Çorlu Deresi ile birleşerek akışına Ergene Nehri olarak devam eder ve tüm Trakya Havzasını kaplar.

Bu nehirlere açılan kollardaki akış mevsimlidir. Araştırma alanında bulunan litolojik birimlerin içlerinde yeraltı suyu hareketini sağlayan geçirimsizlik (permeabilite) değerlerine ve bunu denetleyen parametrelere göre jeohidrolojik ortam ayırtlanmasının yapılabilmesi için bölgede güvenli bilgi alınabilecek sondaj kuyuları belirlenmiştir. Bu kuyulara ait logların incelenmesi sonucu, bölgedeki hidrojeolojik ortamlar tanımlanmıştır. Jeohidrolik ortamlar geçirimsiz, yarı geçirimsiz ve geçirimsiz olarak ayırtlanmış, Ayrıca inceleme alanının genelinde yeraltısu seviyesi belirlenmiştir. İnceleme alanındaki akifere “Ergene Akiferi” adı verilerek karakteristik özellikleri ve sayısal değerleri açığa çıkarılmıştır. Daha sonra hazırlanan jeolojik panel diyagramdan hareketle elde edilen jeohidrolik panel diyagramdan büyük oranda yararlanılmıştır (Şekil B.5, 6).

### **5.1. Akarsular ve Kuru Dereler**

Saray ilçesinin kuzeyinde Yıldız Dağlarından doğan Ergene Nehri ve Halaçlı kuzeyinden doğan Çorlu Deresinin drenaj alanı ile akış karakteristikleri bu bölümde incelenmiştir.

Ergene Nehrine, Çingirak Dere, Küçükdere, Osman Dere ve Manika Deresi, Çorlu Deresine ise Kayalı Dere, Sarp Dere, Batak Dere, Domuz Dere, Karagöz Dere ve Paşa Dereleri sürekli su sağlarken, birçok küçük dere sadece mevsimsel olarak su taşımaktadır. İnceleme alanındaki anılan bu derelerin toplam beslenme alanı yaklaşık 1412 km<sup>2</sup> dir. Çorlu Deresi, Halaçlı'nın kuzeyinden itibaren yaklaşık kuzeydoğu-

güneybatı doğrultulu akışla Çerkezköy civarında, yerleşim merkezinin güneyinden doğu-batı yönlü akarak geçer ve burada, kuzeyden akan diğer yan kolların katılmasıyla yön değiştirerek yeniden yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu akışla Ergene Nehrine paralel akarak Çorlu'ya ulaşır. Buradan da Danişmen Formasyonu ile Ergene Formasyonu kontağını izleyerek İnanlı köyü civarında Ergene Nehri ile birleşir. Ergene Nehri ise, Saray ilçesi kuzeyinde Yıldız dağlarından doğar, Çukuryurt köyü güneyinde Ergene Nehri'ni oluşturan iki ana kol birleşerek Çorlu Deresine paralel olarak yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda Bakırca, Karamehmet, Vakıflar, Esenler ve Sevindikli köylerinden geçerek akışına devam eder. İnanlı köyü civarında Çorlu Deresi ile birleşir. İnceleme alanında topoğrafya düze yakın ve az eğimlidir. Bölgedeki akarsu ağı tipi genelde dandritik karakter gösterir.

## **5.2. Su Noktaları, Kaynaklar ve Sığ Kuyular**

İnceleme alanında birçok küçük kaynak mevcuttur ve bunların debileri 1-2 l/s arasında değişir. Bu kaynakların birçoğu mevsimlidir ve genelde Saray ilçesi kuzeyinde Kırklareli Kireçtaşları ile Metamorfik kayaların kontağından boşalırlar. Yine birçok köyde derinlikleri, 1-10 m arasında değişen çok sayıda dairesel kesitli keson kuyu mevcuttur. Bu kuyular küçük miktardaki su ihtiyacını karşılamak üzere Ergene ve Trakya Formasyonları içinde açılmışlardır. Sayılarının çokluğundan ve bu incelemeye veri desteği sağlamamaları yüzünden keson kuyular haritaya işlenmemiştir.

## **5.3. Sondaj Kuyuları**

İnceleme alanında çeşitli kurum ve kişilerce değişik amaçlarla açılmış birçok sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bunların 74 tanesine ait güvenilir log bilgilerine ulaşılmış ve hazırlanan haritalara işlenmiştir (Şekil B.7). Açılan sondaj kuyularından içme, kullanma ve sulama suyu gereksinimleri karşılanmaktadır. Ayrıca havzada petrol ve doğalgaz araştırmalarına yönelik olarak açılmış derin kuyular da bulunmaktadır. Su temini amaçlı kuyuların derinlikleri 100-300 m arasında değişmektedir. Derin sondajlar ise 7000 m yi bulmaktadır. Özellikle tekstil ve deri fabrikalarının yoğun

olduğu Çerkezköy ve Çorlu kesiminde sondaj kuyusu sayısı fazladır. İnceleme alanında açılmış ve halen işletilen kuyuların büyük bir kısmı ruhsatsızdır. 1000 1200 adet arasında olduğu tahmin edilen bu kuyuların gerçek sayısını saptamak olanaksızdır. Yörede açılmış ve log bilgileri güvenilir olanlar tablo 5.1 de verilmiş ve bu loglar hidrojeolojik ortam sınıflamasında değerlendirilmiştir. Bu kuyuların litolojik ve jeohidrolik ortam tanımları karşılaştırmalı loglar halinde şekil B.18-37 de verilmiştir.

Tablo 5.1 İnceleme alanında belirlenmiş güvenilir sondaj kuyuları ve bunlara ait bilgiler

No	Kuyu adı	Açan kuruluş	Açılma tarihi	Kullanım amacı	Derinliği (m)	Güncel durumu
1	TPAO-01	TPAO	-	Araştırma	1750	Kullanılmıyor
2	TPAO-02	TPAO	-	Araştırma	4500	kullanılmıyor
3	TPAO-03	TPAO	-	Araştırma	8350	Kullanılmıyor
4	TPAO-04	TPAO	-	Araştırma	1800	Kullanılmıyor
5	TPAO-05	TPAO	-	Araştırma	5500	Kullanılmıyor
6	TPAO-06	TPAO	-	Araştırma	1400	Kullanılmıyor
7	TPAO-07	TPAO	-	Araştırma	5500	Kullanılmıyor
8	TPAO-08	TPAO	-	Araştırma	6540	Kullanılmıyor
9	TPAO-09	TPAO	-	Araştırma	1600	Kullanılmıyor
10	TPAO-10	TPAO	-	Araştırma	2780	Kullanılmıyor
11	DSİ-01	DSİ	1993	İçme suyu	200	Kullanılıyor
12	DSİ-02	DSİ	1996	Araştırma	200	Kullanılıyor
13	DSİ-03	DSİ	1993	İçme suyu	252	Kullanılıyor
14	DSİ-04	DSİ	1987	İçme suyu	268	Kullanılıyor
15	DSİ-05	DSİ	1987	İçme suyu	280	Kullanılıyor
16	DSİ-06	DSİ	1970	İçme suyu	234	Kullanılmıyor
17	DSİ-07	DSİ	1979	Araştırma	300	Kullanılıyor
18	DSİ-08	DSİ	1991	Araştırma	285	Kullanılıyor
19	KH-01	KH	2001	İçme suyu	185	Kullanılıyor
20	KH-02	KH	2001	İçme suyu	200	Kullanılıyor
21	KH-03	KH	2001	İçme suyu	225	Kullanılıyor
22	KH-04	KH	1999	İçme suyu	186	Kullanılıyor
23	KH-05	KH	1999	İçme suyu	220	Kullanılıyor
24	KH-06	KH	1999	İçme suyu	195	Kullanılıyor
25	KH-07	KH	1998	İçme suyu	195	Kullanılıyor
26	KH-08	KH	1998	İçme suyu	195	Kullanılıyor
27	KH-09	KH	1998	İçme suyu	210	Kullanılıyor
28	KH-10	KH	1996	İçme suyu	250	Kullanılıyor
29	KH-11	KH	1996	İçme suyu	210	Kullanılıyor
30	KH-12	KH	1995	İçme suyu	160	Kullanılıyor
31	KH-13	KH	1995	İçme suyu	147	Kullanılmıyor
32	KH-14	KH	1993	İçme suyu	170	Kullanılmıyor
33	KH-15	KH	1993	İçme suyu	110	Kullanılıyor
34	KH-16	KH	1993	İçme suyu	180	Kullanılıyor
35	KH-17	KH	1992	Sulama suyu	170	Kullanılıyor
36	KH-18	KH	1992	İçme suyu	104	Kullanılıyor
37	KH-19	KH	1992	İçme suyu	92	Kullanılıyor
38	KH-20	KH	1990	İçme suyu	190	Kullanılıyor

Tablo 5.1. devam ediyor

No	Kuyu Adı	Açan Kuruluş	Açılma Tarihi	Kullanım Amacı	Derinliği (m)	Güncel Durumu
39	KH-21	KH	1988	İçme suyu	215	Kullanılıyor
40	KH-22	KH	1987	İçme suyu	85	Kullanılmıyor
41	KH-23	KH	1987	İçme suyu	155	Kullanılıyor
42	KH-24	KH	1986	İçme suyu	100	Kullanılıyor
43	KH-25	KH	1985	İçme suyu	125	Kullanılıyor
44	KH-26	KH	1985	İçme suyu	110	Kullanılıyor
45	KH-27	KH	1997	İçme suyu	218	Kullanılıyor
46	KH-28	KH	1994	İçme suyu	220	Kullanılıyor
47	KH-29	KH	1993	İçme suyu	190	Kullanılıyor
48	KH-30	KH	1992	İçme suyu	200	Kullanılıyor
49	KH-31	KH	1992	İçme suyu	120	Kullanılıyor
50	KH-32	KH	1984	İçme suyu	105	Kullanılıyor
51	K-01	Özel Sondaj. Sti.	2002	Sanayi kullanımı	315	Kullanılıyor
52	K-02	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	270	Kullanılıyor
53	K-03	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	208	Kullanılıyor
54	K-04	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	294	Kullanılıyor
55	K-05	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	281	Kullanılıyor
56	K-06	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	285	Kullanılıyor
57	K-07	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	293	Kullanılıyor
58	K-08	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	300	Kullanılıyor
59	K-09	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	300	Kullanılıyor
60	K-10	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	308	Kullanılıyor
61	K-11	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	251	Kullanılıyor
62	K-12	Özel Sondaj. Sti	2002	Sanayi kullanımı	306	Kullanılıyor
63	K-13	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	250	Kullanılıyor
64	K-14	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	297	Kullanılıyor
65	K-15	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	331	Kullanılıyor
66	K-16	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	321	Kullanılıyor
67	K-17	Özel Sondaj. Sti	2003	İçme+sulama	268	Kullanılıyor
68	K-18	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	296	Kullanılıyor
69	K-19	Özel Sondaj. Sti	2003	İçme suyu	297	Kullanılıyor
70	K-20	Özel Sondaj. Sti	2000	İçme suyu	250	Kullanılıyor
71	K-21	Özel Sondaj. Sti	2000	İçme suyu	226	Kullanılıyor
72	K-22	Özel Sondaj. Sti	2003	İçme+sulama	283	Kullanılıyor
73	K-23	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	295	Kullanılıyor
74	K-24	Özel Sondaj. Sti	2003	Sanayi kullanımı	304	Kullanılıyor

#### 5.4. Jeohidrolik Ortamlar

Bu bölümde, yüzey ve yeraltı jeolojisi bilgileri ile mevcut birimlerin permeabilite değerlerinden hareketle tanımlanan ve ayırtılan hidrojeolojik ortamlara yer verilmiştir. Bu tanımlama için tablo 5.2 deki ortamlar (litolojik birimler) ve özellikleri esas alınmıştır. Buna göre Jeohidrolik ortamlar, geçirimli ortam, yarıgeçirimli ortam, yarıgeçirimsiz ortam ve geçirimsiz ortam olarak ayırtlanmıştır. Ayırtılan bu ortamların hidrojeolojik karakteristikleri Öztaş, 1998 tarafından belirtilen özelliklere uymaktadır.

#### 5.4.1. Geçirimsiz ortam (Gz)

Orta- Üst Oligosen yaşlı kiltası, silttaşı ve kumtaşı aralanmalı, yataya yakın tabakalanmalı “Danişmen Formasyonu (Tod)” geçirimsiz ortam olarak tanımlanmıştır.

Tablo 5.2 Jeohidrolojik ortamlar ve özellikleri (Öztaş, 1998)

Jeohidrolojik Ortamlar	Simge	Min. Boşluk Boyutu $\phi, R, (mm)$	Geçirimsizlik $K, (m/gün)$
Geçirimsiz	Gz	$0 - <10^{-3}$	$< 10^{-6}$
Yarıgeçirimsiz	gz	$\approx 10^{-3}$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Yarıgeçirimli	gç	$> 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^0$
Geçirimli	Gç	$>> 10^{-3}$	$> 10^0$

Danişmen Formasyonunu oluşturan kayaların çok ince taneli mineralli olması ve TPAO tarafından yapılan deneylerde permeabilitesinin,  $7-8,6 \times 10^{-6}$  m/gün arasında bulunması nedeniyle geçirimsiz ortam (Gz) olarak kabul edilmiştir. İnceleme alanında bu jeohidrolik ortam Muratlı-Çorlu arasında gözlenmektedir (Şekil B.6). Ortam tüm inceleme alanının altında yer yer 300-400 m kalınlıkta yer almaktadır.

#### 5.4.2. Yarıgeçirimsiz ortam (gz)

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Permiyen ve Permiyen öncesine ait biyotitli şist, granatlı şist ve bunlarla geçişli kalkışist merccekleri ile kuvarslı feldspatik şistler, amfibolit, amfibollü şist, biyotitli gnays ve yer yer görülen migmatitlerin oluşturduğu “Tekedere Grubu (Pzt)”, ile pembemsi gri, pembemsi beyaz renkli, seyrek iri mikroklin kristalli, K-feldspat porfiroblastlı, kaba foliasyonlu, kataklazmaya uğramış kesimleri şist yapılı, gnaysik granitlerden oluşan “Kızılağaç Metagraniti (Pkk)” yanısıra güneyde yer alan koyu gri, siyah ve kahverenkli, sütun ve akma yapıları gösteren, yer yer gözenekli bazaltlardan oluşan “Karatepe bazaltı (Qk)” masif ve az çatlaklı yapıları nedeniyle yarıgeçirimsiz ortam (gz) olarak tanımlanmıştır (Şekil B.6). Bu ortam kuzeyde dar fakat kalın 400-500 m yi geçen bir yayılım gösterirken güneyde çok dar alanlarda gözlenir.

#### 5.4.3. Yarıgeçirimli ortam (gç)

İnceleme alanı Kuzeyinde, Yıldız Dağları eteklerinde yer alan Orta Eosen yaşlı Çakıltaşı, kumtaşı, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı araldanması ile, kumtaşı ve marnlardan oluşan “İslambeyli Formasyonu (Tei)”, kumtaşı ve kiltası ara seviyeli, bol makro ve mikro fosilli kireçtaşlarında oluşan “Kırklareli Kireçtaşı (Tek)”, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, çakıltaşı, oolitle kireçtaşı, konjeryalı kireçtaşı ve killi kireçtaşı araldanmasından oluşan “Pınarhisar Formasyonu (Top)”, Sinanlı ve Karlıköy civarında gözlenen ince orta tabakalı çamurlu kumtaşı ve kiltası ara seviyeli, tabakalanmasız gölsel kireçtaşlarından oluşan “Sinanlı Formasyonu (Tms)” jeohidrolik açıdan yarıgeçirimli ortam (gç) olarak tanımlanmıştır. Kırklareli kireçtaşlarına ait permeabilite değerleri TPAO tarafından  $8,64-6,9 \times 10^{-3}$  m/gün olarak saptanmıştır. Ortam inceleme alanında kuzeyde dar bir alanda yüzlek verirken, yeraltında yaklaşık 200 m kalınlığında devam eder (Şekil B.6).

#### 5.4.4. Geçirimli ortam (Gç)

İnceleme alanının orta kesiminde yer alan kiltası ve çakıltaşı mercekli, çapraz katmanlı, gevşek kumtaşlarından oluşan “Ergene Formasyonu (Tme)”, çimentolanmamış çakıl ve kaba çakıllı çakıltaşı, kumtaşı ve az miktarda kiltasından oluşan “Trakya Formasyonu (Tnt)” akarsu vadilerinde ve düzlüklerde oluşan çakıl, kum, silt ve kil depolanmaları şeklinde gözlenen “Alüvyon (Q)” ve yüzeyde gözlenmeyen “Osmancık Formasyonu (Too)” çok geniş alanları kapsar. Ergene Formasyonu (Tme), Trakya Formasyonu (Tnt) ve alüvyon (Qa) temel yeraltısuyu taşıyan birimlerdir. Bu birimler taneli ortam özellikleri gösterdiğinden yeraltısuyu taşıyan ana gözenekli ortamı oluştururlar. Osmancık Formasyonu ise çok derinde yer alması nedeniyle yeraltısuyu açısından önemsizdir. Ergene Formasyonunda yapılan deneyler sonucunda genel bir ortalama olarak permeabilite (K); 10-15 m/gün, depolama katsayısı (S);  $3 \times 10^{-3}$ , transmisibilite(T); 500 m<sup>2</sup>/gün olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2003). Ortam, tüm inceleme alanında geniş alanlarda yüzeyler. Kalınlığı güneyde 900 m yi bulurken kuzeyde kalınlık 150 m ye kadar düşer (Şekil B.6).

## **5.5. Hidrojeolojik Ortamlar**

Çalışmanın bu bölümünde yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan ve sınıflandırılan jeohidrolik ortamlardan hareketle 1/100.000 hidrojeoloji haritası üretilmiştir (Şekil B.5). Araştırma alanında akifer ve akitard olarak iki hidrojeolojik ortam ayırtlanmıştır.

### **5.5.1. Akiferler (Sutaşlılar)**

İnceleme alanının büyük bir kesiminde gözlenen Ergene Formasyonu ve Trakya Formasyonu akifer potansiyeli yönünden önemlidirler. Ergene Formasyonu özellikle üst seviyelere doğru incelen tane boyu ile belirgin bir litoloji sunar. Yeraltısu taşıyan kesimler, siltli kum, kumtaşı ve çakıltası seviyeleridir. Havza kenarlarında kalınlığı 50-100 m iken havzanın ortasında 400-900 m kalınlığa ulaşır (Şekil 4.2). Bölgedeki alüvyonun akifer olarak önemi yoktur, kalınlığı en fazla 9-10 m arasında olup, kumlu ve siltli kumlu seviyelerden oluşur. İnceleme alanında yer alan geçirimsiz ortamlar (Gç) yüzeyden su alabildikleri ve bu suyun sızmasını engelleyen geçirimsiz bir litoloji olmadığı için serbest akifer (serbest sutaşlı) niteliğindedir. İnceleme alanının büyük bir kesiminde gözlenen akiferin kalınlığı güneyde 900 m kuzeyde 100 m arasında değişir.

### **5.5.2. Akitardlar (Yarı sutaşlılar)**

İnceleme alanında Kuzeyde yer alan Yıldız Dağları eteklerindeki İslambeyli Formasyonu (Tei), Kırklareli Kireçtaşı (Tek)", Pınarhisar Formasyonu (Top) Tekedere Grubu (Pzt) Kızılağaç Metagraniti (Pkk)", Sinanlı ve Karlıköy civarında gözlenen Sinanlı Formasyonu (Tms), güneyde yer alan Karatepe Bazaltı (Qk) ve Danişmen Formasyonu (Tod), ve "Kızılağaç Metagraniti (Pkk)" ile güneyde yer alan "Karatepe Bazaltı (Qk)" az çatlaklı ve yer yer masif yapılıdır. "İslambeyli Formasyonu (Tei)", "Kırklareli Kireçtaşı (Tek)", "Pınarhisar Formasyonu (Top)", Sinanlı ve Karlıköy civarında gözlenen ince orta tabakalı çamurlu kumtaşı ve kiltası ara seviyeli, tabakalanmasız, gölsel kireçtaşlarından oluşan "Sinanlı Formasyonu (Tms)", ise yüksek kil oranına sahiptir. Ergene Formasyonun altında yer alan Danişmen Formasyonu ise, kiltası, silttaşı, kumtaşı araldanmalı, seviyeler gösterdiği, organik malzemenin fazlalığı nedeniyle düşük permeabiliteye sahiptir. Kumtaşı

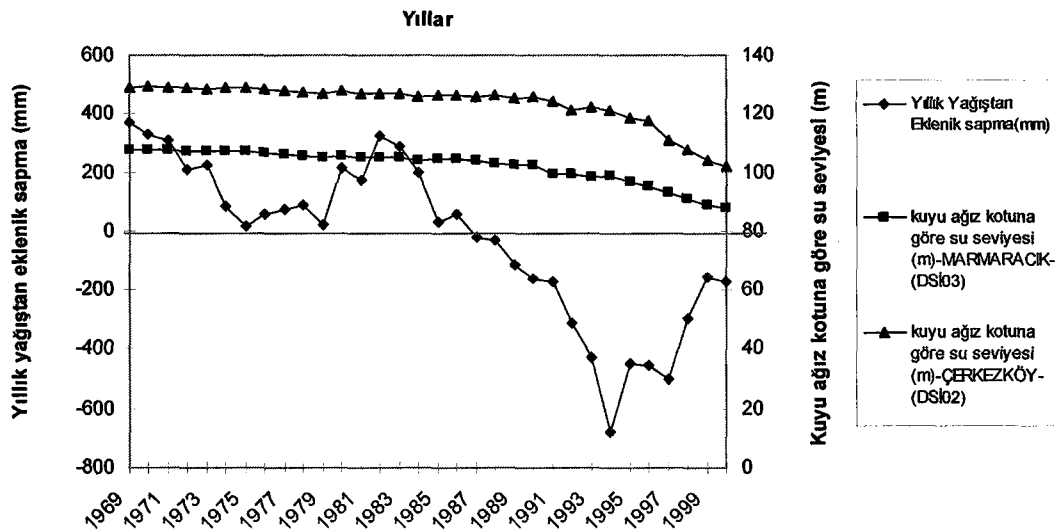
seviyelerinde az miktarda yeraltısuyu içerir (Şekil B.5). Açıklanan bu oluşumlar araştırma alanındaki akitard (yarı sutaşır) ları oluşturur. Kuzey ve güneyde çok sınırlı alanlarda yayılımları vardır.

## 5.6. Ergene Akiferinin Çorlu-Çerkezköy Kesimindeki Hidrojeolojik Özellikleri.

Tüm Trakya bölgesinde yer alan Ergene ve Trakya Formasyonları bölgedeki ana yeraltısuyu içeren formasyonlardır. Bu formasyonların geçirimli ortam özellikleri nedeniyle akifer olarak nitelendirilmişlerdir ve “Ergene Akiferi” olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanı Ergene Akiferinin doğu kesiminde yer alırken yüzey beslenme alanı yaklaşık 1412 km<sup>2</sup> dir. Ergene Akiferine ait su seviye değişimi, hidrolik katsayıları, yeraltısuyu potansiyeli ve yeraltısuyu özellikleri bu bölümde hesaplanmıştır.

### 5.6.1. İnceleme alanında yeraltı su düzeyi değişimi

İnceleme alanında DSİ tarafından açılmış olan ve derinlikleri, 200–252 m arasında değişen Çerkezköy (DSİ02) ve Marmaracık (DSİ03) kuyularında 1960 yılından bugüne su seviye gözlemleri yapılmaktadır (Şekil B.7). Ergene Formasyonundaki



Şekil 5.1 Çerkezköy (DSİ02) ve Marmaracık (DSİ03) kuyularına ait su seviye değişimi grafiği

yeraltı su seviyesi değişimleri bu kuyular yardımıyla takip edilip yorumlanmıştır. Şekil 5.1 de gözlem yılları, yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri ile kuyu ağız kotuna göre yeraltısuyu seviyesi derinliği görölmektedir. Şekil 5.1 deki grafik incelendiğinde yeraltı su seviyesinin Çerkezköy (DSİ02) kuyusunda 1969 ile 1976 yılları arasında kurak devrede olmasına rağmen değişmediği gözlenir, 1976-1990 yılları arasında yeraltı su seviyesinin, yağışlı ve ardından da kurak döneme girilmesi ile azaldığı izlenmiştir. 1990 yılından itibaren kurak dönemin yağışlı devresinde olunmasına rağmen su seviyesi hızla düşmüştür. 1996-2000 yılları arasında ise düşüm artarak devam etmiştir. Çerkezköy (DSİ02) kuyusuna benzer şekilde bir yeraltı su seviyesi değişimi, Marmaracık (DSİ03) kuyusunda da gözlenmektedir. Ancak 1990 ile 2000 yılları arasında gözlenen düşüm DSİ02 kuyusundaki gibi keskin iki parçalı değil, sürekli eğriseldir. DSİ02 kuyusuna ait düşüm grafiğindeki doğrunun eğimi % 26 ve % 100 iken, DSİ03 kuyusundaki bu eğim ortalama % 25 dir.

Su seviyelerinde gözlenen bu değişim akiferden su çekiminin 1976 yılında başlandığını, 1992 yılında ise arttığını ortaya koymaktadır. 1976-1990 yılları arasında yeraltı su seviyelerinin yüksek olması nedeniyle yağıştan süzölen suyun yeraltısuyuna ulaşması hızlı olmuş ve beslenme artmıştır. 1990 yılından sonra yeraltı su seviyesinin düşmesi beslenimin azalması ve çekimin artması sonucudur. DSİ02 kuyusundaki seviye düşümü DSİ03 kuyusuna göre daha fazladır. Bu durum, 1412 km<sup>2</sup> lik yayılıma sahip Ergene Formasyonunun kalınlığının DSİ02 civarında yaklaşık 200 m iken DSİ03 kuyusu civarında 600-650 m ye ulaşmasından ve bu kesimde akifer kalınlığının artmasından kaynaklanmaktadır.

### **5.6.2. Hidrolik eğim ve yeraltısuyu akışı**

İnceleme alanına ait Ekim 2000 yılı için eş yeraltı su düzeyi haritası aynı döneme ait olmak üzere 3 yıl arayla çizilerek alansal farklılık irdelenmiştir (Şekil B.8a, b). Hazırlanan bu haritalarda, inceleme alanındaki ana akifer olan Ergene Formasyonunun taban topoğrafik eğimi ile yeraltısuyu akış yönünün uyumlu olduğu göröölür. Yeraltısuyu akış doğrultusu genel olarak, kuzeydoğu-güneybatı dır. Hidrolik eğim, Göçerler-Sarılar eksenini doğusunda % 3 iken, bu eksenin batısında % 5'e çıkmaktadır.

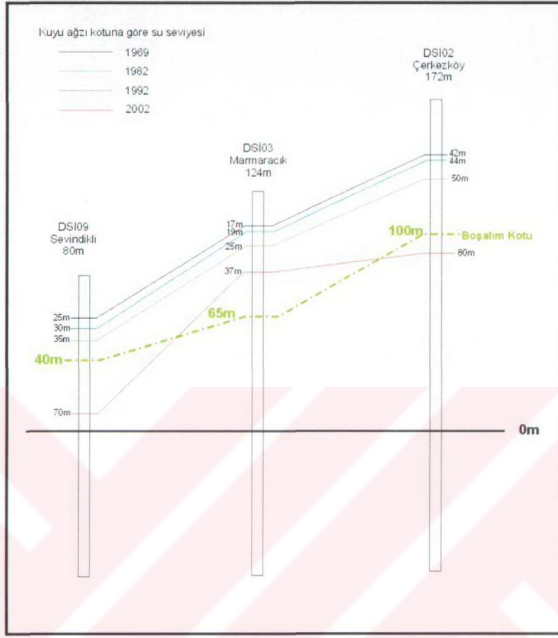
### 5.6.3. Jeohidrolik parametreler

Ergene Formasyonu içinde şekillenmiş olan akiferin jeohidrolik parametreleri akiferin inceleme alanında yer alan Ergene Nehri ve Çorlu Deresi ile drene edildiği belirlenmiştir. Bu durum için akiferden çekimin olmadığı ya da çok az olduğu yıllara ait kurak mevsim başlangıç ve bitiş yeraltı su seviyeleri kullanılarak akiferin boşalım katsayısı hesaplanmıştır. Öncelikle Ergene Nehri ve Çorlu Derelerinin akım gözlemlerinin yapıldığı 1-20 Akım Gözlem İstasyonunda (AGİ) ölçülen akarsu akım değerleri kullanılarak akiferin boşalım kotu üzerinde kalan dinamik rezervi ( $V_d$ ) saptanmıştır. Bu değerlerden yola çıkılarak da akiferin statik rezervi ( $V_s$ ), depolama katsayısı ( $S$ ), geçirimsizlik değeri ( $K$ ), iletimsizlik katsayısı ( $T$ ) değerleri bulunmuştur.

Tüm bunlara ek olarak, inceleme alanında açılan kuyulara ait debi değerleri kullanılarak yerel geçirimsizlik değerleri hesaplanıp ortalama geçirimsizlik değeri ile karşılaştırılmıştır.

İnceleme alanında yeraltı su seviyesi ölçümü yapılan Çerkezköy (DSİ02), Marmaracık (DSİ03) ve Sevindikli (DSİ09) kuyularına ait düşüm kotları ile değerleri, Ergene Nehri ve Çorlu Deresinin aktığı boşalım kotlarına göre grafiğe aktarılmıştır (Şekil 5.2). Grafikten hareketle, Sevindikli kuyusundaki yeraltı su seviyesinin 1992 yılından sonra dere boşalım kotu altına indiği, Çerkezköy kuyusundaki yeraltı su seviyesinin ise 2000 yılından sonra dere boşalım kotu altına indiği gözlenmiştir. Marmaracık kuyusundaki yeraltı su seviyesi halen dere boşalım kotunun üzerinde olduğu dikkati çekmektedir. Bu nedenle 1992 yılına kadar akifer, bir yandan akarsuyu besler ve diğer yandan akarsu tarafından drene edilir durumda iken, 1992 yılından sonra Sevindikli kuyusunda ve 2000 yılında da Çerkezköy kuyusunda bu durumun değiştiği, akiferin sadece akarsu tarafından beslenir bir özellik kazandığı belirlenmiştir. 2002 yılında ise Sevindikli ve Çerkezköy kuyularındaki yeraltı su seviyeleri boşalım kotlarının sırasıyla 30 m ve 20 m altına inmiştir. Elde edilen bulgular çerçevesinde akifer aktif rezervinin günümüzdeki değerinin akarsu akım değerlerine göre hesaplanması mümkün olmamıştır.

İnceleme alanına ait en eski veriler 1969 yılına aittir. Bu dönemde inceleme alanından önemli bir çekimin olmadığı düşünülerek akiferin boşalım katsayısı ( $\alpha$ ) hesaplanmıştır. Penman yöntemi ile hazırlanmış meteorolojik su bilançosunda fazla suyun bulunmadığı Nisan-Ekim dönemi göz önüne alınarak Maillet 1947 (5.1)



Şekil 5.2 DSİ02, DSİ03, DSİ09 kuyularında yıllara göre yeraltı su seviyesi değişimleri

$$h_1 = h_0 e^{-\alpha t} \quad (5.1)$$

eşitliği kullanılarak boşalım katsayısı hesaplanmıştır.

$h_0$  :Kurak mevsim boyunca başlangıçtaki “ $t_0$ ” boşalım kotuna göre su seviyesi (m)

$h_1$  :Kurak mevsim başlangıcından “ $t$ ” zaman sonraki boşalım kotuna göre su seviyesi (m)

$\alpha$  :Boşalım katsayısı ( $\text{gün}^{-1}$ )

eşitliklerindeki terimlerin sayısal karşılıkları olarak verilen 1969 yılına ait Sevindikli kuyusu yeraltı suyu seviye değerleri (İtalconsult, 1970) alınmış ve boşalım katsayısı ( $\alpha$ ) hesaplanmıştır.

$h_0$  : 14,93 m (Nisan)

$h_1$  : 14,29 m (Kasım)

$t$  : 210 gün

$\alpha$  :  $2,08628 \times 10^{-4}$  gün<sup>-1</sup> değeri bulunur.

Boşalım katsayısı değeri hesaplandıktan sonra akiferdeki yeraltı suyu değerlendirmesini yapmak oldukça kolaylaşır. Dumlu, 1975 eşitliğinden (5.2).

$$Q = \alpha \times V_d \quad (5.2)$$

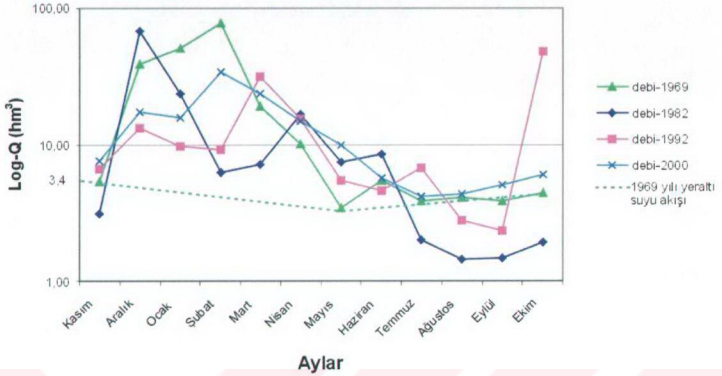
$Q$  : Yeraltısuyu akışı (m<sup>3</sup>/yıl)

$\alpha$  : Akiferin boşalım katsayısı (yıl<sup>-1</sup>)

$V_d$  : Akiferin boşalım kotu üzerinde kalan rezerv(dinamik rezerv) (m<sup>3</sup>)

Her yıl beslenime bağlı olarak yeraltısuyu akımı (boşalım), ve buna bağlı dinamik rezerv de değişmektedir. Bu değişim, önceki senelerin etkisi altında bulunmaktadır (Dumlu, 1976). Yeraltısuyu akış miktarını hesaplamak için istenen yıla ait LogQ (hm<sup>3</sup>)-t (ay) grafiği çizilmiştir. Grafikte yağışlı ve kurak dönem başlangıcı noktalarının birleştirilmesi ile elde edilen doğrunun logQ eksenini kestiği değer o yıla ait yeraltısuyu akışını vermektedir (Dumlu, 1976) Grafikten 1969 yılı yeraltısuyu akımının 3,4 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur. Bu durumda 1969 yılında akiferin dinamik rezervi;

$$V_d = \frac{Q}{\alpha} = \frac{3400000 \text{ m}^3/\text{yıl}}{0,075 \text{ yıl}^{-1}} = 45.333.333 \approx 45 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ dolayındadır.}$$



Şekil 5.3 AGİ 1-20 1969, 1982, 1992, 2002 yılları debi-zaman grafiği

Depolama katsayısı hesabı için aşağıda verilen Hudak, F, 2000 eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikteki terimler ayrıca açıklanmıştır.

$$S = \frac{\Delta V}{A \times \Delta H} \quad (5.3)$$

Burada;

S :Depolama katsayısı, (boyutsuz)

$\Delta V$  :Akiferden boşalan su hacmi, ( $m^3$ )

A :Akiferin yayılım alanı, ( $m^2$ )

$\Delta H$  :yeraltı su seviyesi değişimi, (m)

Buradan 1969 yılı Nisan ve Kasım aylarına ait yeraltı seviyesi değişimleri ve LogQ-t grafiğinde belirtilen akiferden boşalmanın kurak mevsimde olduğu kabulü yapılarak özgül verim ( $S_y$ ) hesaplanabilir. Nisan ve Kasım ayları arasındaki akiferden boşalan su hacmi şekil 5.3 ten,  $\Delta V$  940000  $m^3$ , akifer alanı, A 1412  $km^2$  ve yeraltı su seviyesi değişimi (Italconsult, 1970),  $\Delta V$  0,64 m olduğuna göre,

$$S_y = \frac{940000m^3}{1412000000m^2 \times 0,64m} = 1.04 \times 10^{-3} \text{ gün}^{-1} \text{ dür.}$$

Serbest akiferlerdeki su akışının büyük bir oranda yerçekimi ile boşaldığı için özgül verim ( $S_y$ ) depolama katsayısına ( $S$ ) eşit olarak alınabilir (Hudak, F, 2000). Bu durumda;

$S=S_y= 1.04 \times 10^{-3} = \% 0.1$  değeri elde edilir. Akiferin toplam rezervi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$V_t = A \times e \times S \quad (5.4)$$

$$V_t = V_d + V_s \quad (5.5)$$

Bu eşitliklerde,

- $V_t$  :Akiferin toplam rezervi, ( $m^3$ )  
 $V_d$  :Akiferin dinamik rezervi, ( $m^3$ )  
 $V_s$  :Akiferin statik rezervi, ( $m^3$ )  
 $A$  :Akiferin yayılım alanı, ( $m^2$ )  
 $e$  :Akiferin kalınlığı, (m)  
 $S$  :Akiferin depolama katsayısı, boyutsuz

Bu eşitliklerden hareketle akiferin kalınlığının ortalama 650m alınması durumunda (en ince 100 m, en kalın 800 m) beslenimin tamamının boşaldığı kabulüne göre Ergene Akiferinin yeraltısuyu potansiyeli tablo 5.3. deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 5.3. Ergene Akiferi 1969 yılı yeraltısuyu potansiyeli (beslenme=%100 Boşalım, Ergene akiferi kalınlığı,  $e$  (m) $\approx$ 650)

Rezerv ( $\times 10^6 m^3$ )	
Statik Rezerv, $V_s$	909
Dinamik Rezerv, $V_d$	45
Toplam Rezerv, $V_t$	954

Bu tablodan görüleceği gibi 650 m akifer kalınlığında statik rezerv;  $909 \times 10^6 m^3$  dinamik rezerv;  $45 \times 10^6 m^3$  toplam rezerv ise;  $954 \times 10^6 m^3$  olarak hesaplanır. Bu sonuçtan yola çıkılarak 1969 yılında Ergene akiferinin araştırma alanındaki kesiminin statik rezervi toplam rezervin % 95 ini, dinamik rezerv ise % 5 ini oluşturduğu görülmektedir.

Akifere ait iletimlilik katsayısı değerini bulmak için Jacob eşitliği uygulanmıştır (Chow ve diğ., 1964).

$$T = 0,183 \frac{Q_{\text{ortalama}}}{\Delta V} \quad (5.6)$$

T : Akiferin iletimlilik katsayısı, m<sup>3</sup>/gün/m

Q<sub>ortalama</sub> : Akiferin ortalama boşalımı, m<sup>3</sup>/sn

ΔV : Akiferin boşalım süresi içindeki düşüm miktarı, m

Akiferin iletimlilik katsayısı; Q<sub>ortalama</sub> = 0,045 m<sup>3</sup>/sn ve ΔV=0,64 m değerlerinden hareketle 0.084 m<sup>3</sup>/sn/m olarak hesaplanmıştır. Akifere ait geçirimlilik değeri ise akifer kalınlığının 650 m olması durumu için

$$T = K \times e \quad (5.7)$$

T : akiferin iletimlilik katsayısı, m<sup>3</sup>/sn/m

K : akiferin geçirimlilik katsayısı, m<sup>3</sup>/sn

e : akiferin kalınlığı, m

Eşitliği kullanılarak,

$$K = 1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Ergene Akiferine ait tüm karakteristik özellikler ve sayısal değerleri tablo 5.4 de verilmiştir.

Ancak şekil 5.2 de görüldüğü gibi, Sevindikli kuyusunda 1992 yılında, Çerkezköy kuyusunda ise 2000 yılından itibaren akiferden akarsuya boşalım ortadan kalkmıştır. Bu nedenle 2000 yılından itibaren araştırma alanına ait rezerv değerlerinin hesaplanması mümkün olmamıştır.

#### 5.6.4. Yeraltısuyu beslenimi

Bu bölümde Ergene Nehrinin inceleme alanı içerisinde kalan kesiminin beslenimi hesaplanmıştır. Yeraltısuyu akım yönünün GB-KD olduğu ve hidrolik eğimin ortalama % 4 olduğu, ayrıca inceleme alanındaki yeraltından beslenme ve boşalımın birbirini dengelediği kabul edilirse, böyle bir durumda bir yıl boyunca araştırma

alanına güneydoğudan giren yeraltısuyu, yine aynı miktarda olmak üzere kuzeydoğudan yeraltı akışı olarak çıkacağı görülür. Bu nedenle yeraltından

Tablo. 5.4 Ergene akiferine ait karakteristik özellikler (1969 yılı)

Akifer özellikleri		
Boyutsal Özellikler	Yayılm alanı, A (km <sup>2</sup> )	1412
	Kalınlık, e (m)	650
Jeohidrolik Katsayılar	İletimlilik, (Transmissibilite), T (m <sup>3</sup> /sn/m)	0.084
	Geçirimsizlik, (Permeabilite), K (m <sup>3</sup> /sn x 10 <sup>-4</sup> )	1,3
	Depolama, S (Boyutsuz)	0,00104
Yeraltısuyu potansiyeli	Toplam Rezerv, V <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	954
	Dinamik Rezerv, V <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	45
	Statik rezerv, V <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	909
Yeraltısuyu Özellikleri	Hidrolik eğim, i (Boyutsuz)	0,3 -1
	Yeraltısuyu akımı(boşalım), Q (m <sup>3</sup> /yıl x 10 <sup>6</sup> )	3,4
	Boşalım Katsayısı, α (yıl <sup>-1</sup> )	0,075

beslenimin dinamik rezerv üzerindeki etkisi hesaplanmamıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen “geçirimli ortam” yaklaşık 1412 km<sup>2</sup> büyüklüktedir.. Ortalama yağış yüksekliği 561,3 mm ve akış ise 157,3 mm dir (Tablo 2.1). İnceleme alanındaki yeraltısuyu beslenimi, yağıştan sızma ve yeraltından akış olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Yeraltından akış ile beslenim daha önce açıklandığı nedenden dolayı hesaplanamamış, yağıştan sızma ile beslenimin hesabı için de aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

Akış yüksekliğinin, yağış yüksekliğine oranı  $157,3/561,3=0,28$  olarak alınırsa yağışın % 72'sinin gerçek buharlaşma ile yeniden atmosfere döndüğü görülür. Yağışın % 28'i ise akış ve sızma şeklinde drenaj alanında kalmaktadır. İnceleme alanında topografyası hafif engebeli olan geçirimli ortamlardaki toplam akışın % 25'nin sızacağı % 75'inin ise yüzeysel akışa geçeceği kabul edilirse (Erguvanlı ve diğ., 1987) akışın yağışa göre olan % 28'lik orandan sızan % 25'lik su miktarı aynı zamanda yağışın %7'sini oluşturur. Geçirimli ortam için sızma katsayısı 0,07 olur. Buna göre geçirimli ortamlarda yağıştan süzülme ile beslenme 2002 yılı için;

Drenaj alanı :1412 km<sup>2</sup>  
Yıllık ortalama yağış :561,3 mm  
Sızma Katsayısı :0,07

olarak alınırsa bu tür ortamda yağıştan sızma ile beslenme (Dinamik rezerv:V<sub>d</sub>);

$(1412 \times 10^6 \text{ m}^2) \times (561,3 \times 10^{-3}) \times (0,07) \approx 55 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  olacaktır.

Ayrıca bu hesaba yüzeysel akıştan süzülme ile beslenme ve sulamadan süzülme ile beslenme miktarlarının katılması ile dinamik rezervin daha da artacağı açıktır.

#### **5.6.5. Yeraltısuyu yıllık emniyetli verimi**

Bir akifere olan beslenmenin tamamından işletme koşullarına bağlı olarak yararlanılabilmektedir. İnceleme alanında yapılan çekim miktarı, yöredeki sondaj kuyularının tamamının kayıtlı olmaması ve çekim miktarlarının kayıtlı olmaması yüzünden bilinmemektedir. Bu nedenle yararlanılan ve bunun yararlanılabilecek toplam su miktarı içindeki oranı hakkında herhangi bir yorum yapılamamıştır.

#### **5.7. Çorlu-Çerkezköy Kesiminin Ayrıntılı Hidrojeolojik Modeli**

İnceleme alanı içinde kalan, nüfusun ve sanayi yerleşimlerinin yoğun olması nedeniyle yeraltısuyu tüketimi yüksek olan Çorlu ve Çerkezköy ilçe alanlarının yatay ölçek 1/25.000, düşey ölçek 1/5.000 olacak şekilde öncelikle jeolojik modeli kurulmuştur. Daha sonra jeolojik modelden hareketle hidrojeolojik modelleri ve panel diyagramları hazırlanarak bunlardan hareketle yerel permeabilite değerleri ve jeohidrolik ortam kalınlık haritaları üretilmiştir.

### 5.7.1. Çorlu Araştırma Alanı Hidrojeolojik Modeli

Çorlu ilçesini içeren 56-59K/64-71D koordinatları arasındaki 21 km<sup>2</sup> lik alanın tümü Ergene Formasyonundan oluşmuştur. Bölgesel hidrojeolojik panel diyagramın hazırlanmasında sondaj loglarından yararlanılmıştır (Şekil B.9). Yararlanılan sondaj kuyularının derinlikleri 294 m ile 84 m arasında değişmektedir. Yaklaşık derinliği 200 m nin üzerinde olan kuyular, Ergene Formasyonunu geçerek, Danişmen Formasyonu içinde sonlanmaktadır (Şekil B.18). Panel diyagramın I-I' kesitinin güneybatı kısmında Ergene Formasyonu 300 m kalınlık sunarken, kuzeydoğu kesiminde bu kalınlık 250 m ye iner. II-II' kesitinin kuzeybatısında ise 300 m olan kalınlığın güneydoğuda 200 m ye azaldığı görülmüştür. Danişmen Formasyonu yeşil renkli kil litolojili bir geçirimsiz ortam olarak Ergene Formasyonunun taban düzeyini şekillendirir. Ergene Formasyonu kuzeyden akan nehirlerle taşınan malzemenin Danişmen Formasyonu üzerine çökelişi ile oluştuğu için, bu iki formasyonun dokanağında, çakıllı ve kumlu bir taban zonu bulunur. Bu taban zonunun toplam kalınlığı hidrojeolojik panele göre yaklaşık 50 m dir. Bu zon üzerine killi ve kumlu litolojiden oluşan yaklaşık 50-70 m kalınlığında bir birim, bunun da üzerine, kil ve kum araldanmasından oluşan yaklaşık 50-80 m kalınlığında nispeten daha pekişmiş bir başka birim gelir. Hidrojeolojik panelden görülebileceği gibi orta kesimlerde büyük bir merceksi yapı oluşturan yaklaşık 125 m genişliğinde ve 20 m kalınlığında killi bir ara zon bulunmaktadır. Sözü edilen tüm bu zonlar üzerinde 50-65 m kalınlığındaki siltli killer yer alır (Tablo 5.5).

Hidrojeolojik panel diyagramdan yararlanılarak Çorlu bölgesinde yer alan jeohidrolik ortamların eş kalınlık haritaları çizilmiştir (Şekil B.10). Danişmen Formasyonunun killi litolojisinin oluşturduğu geçirimsiz ortam (Gz) hemen üzerinde yer alan Ergene Formasyonunun çakıllı kumdan oluşan geçirimli ortamın (Gç1), Çorlu bölgesinin kuzeydoğusunda 20 ile 40 m arasında değişen bir kalınlık gösterdiği, bölgenin orta kesiminde kalınlaştığı ve kalınlığın 70 m ye ulaştığı görülür. Batıya doğru bu kalınlık azalarak 40-50 m arasına iner (Şekil B.10a). Bu ortamın üzerinde yer alan kumlu seviyelerden oluşan üst geçirimli ortam (Gç2) bölgenin orta kesiminde 90m lik bir kalınlık sunarken diğer yönlerde kalınlık azalmakta ve 70m ye kadar düşmektedir (Şekil B.10b). Bu kumlu seviye ile altındaki çakıllı kumdan oluşan seviye arasında yer alan killer ise bir geçirimsiz ortam (Gz) oluşturmakta ve Çorlu bölgesinin yaklaşık güneydoğusunda kalınlığı 20 m olan bir merceksi yapı

Tablo 5.5 Çorlu bölgesi hidrojeolojik panel diyagramına göre litoloji-jeohidrolik ortam ilişkisi ve tanımları

Formasyon	Litoloji	Simge	Jeohidrolik Ortam	
Ergene Formasyonu (Tme)	Killi, silt	gz	Yarıgeçirimsiz	
	Killi, kum	gç	Yarıgeçirimli	
	Kum+kil	Gç2   Gz	Geçirimli	Geçirimsiz
	Çakıllı, kum	Gç1	Geçirimli	
Danişmen Formasyonu (Tod)	Kil	Gz	Geçirimsiz	

şekillendirmektedir (Şekil B.10c). Killi kumdan oluşan yarı geçirimli (gç) ortam tüm bölgede 70 m ile 60 m arasında değişen bir kalınlık göstermektedir (Şekil B.10d). Bölgesel anlamda en üstte yer alan killi siltten oluşan yarıgeçirimsiz ortam (gz) Çorlu bölgesinin orta kesiminde ve batısında 90 m kalınlığa ulaşırken doğuya doğru azalmakta ve 40m ye kadar düşmektedir (Şekil B.10e).

Çorlu deresi ise yüksek kirletici değerleri ile boşalım kotu 110 m den akmaktadır (tablo6.3). Bu seviye hidrojeolojik panel diyagramda yarıgeçirimsiz ortam (gz) olarak tanımlanan killi siltten oluşan seviyeye denk gelmektedir ve yarı geçirimsiz jeohidrolik ortam özelliklerini taşımaktadır Çorlu bölgesindeki statik su seviyeleri 75-80 m dinamik su seviyeleri ise 80-100 m arasındadır. Yeraltı su seviyeleri geçirimli ve geçirimsiz jeohidrolik ortam zonları içinde kalmaktadır. Böyle bir durumda, yerel olarak üst kesimleri yarıgeçirimsiz seviyeden oluşan akiferin yüzeyden infiltrasyon ile kirlenmesi çok zordur. Diğer taraftan Çorlu deresinin akış düzeyi yarı geçirimsiz ortam içerisindedir ve kirleticileri düşey yönde sızmayla statik su seviyesine iletebilecek özelliktedir. Sondaj kuyularından elde edilen veriler ile saptanan (Bomogolov, 1978) permeabilite katsayısı değerleri  $1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$  ile  $9.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$  arasında değişir. Bu değerler araştırma alanının geneli için bulunan permeabilite katsayısı değeri ( $K=1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ile uyumlu bulunmaktadır (Tablo 5.5).

### 5.7.2. Çerkezköy araştırma alanı hidrojeolojik modeli

Bu bölümde Çerkezköy ilçesini de içine alan 69-75 Kuzey ve 79-86 Doğu koordinatları arasındaki yaklaşık 40 km<sup>2</sup> büyüklükte bir alan araştırılmıştır. İnceleme

alanının bu kesimi de Çorlu bölgesine benzer olarak tümüyle Ergene Formasyonundan oluşmuştur. Çerkezköy ilçesinin kuzeybatısında büyük bir hızla gelişmiş olan bir Organize Sanayi Bölgesi (OSB) alanı bulunmaktadır. Dolayısıyla buradaki fabrikalar için açılmış birçok sondaj kuyusu ve bunlara ait bilgi mevcuttur. Şehir merkezi araştırma alanının orta kesiminde yer alırken, Çorlu Deresi bu alanın güneyinden ve doğu-batı doğrultusunda geçer.

Çerkezköy araştırma alanı içinde Çorlu bölgesine benzer bir yol izlenmiş ve önce mevcut sondaj logları değerlendirilerek bir jeolojik panel diyagram çizilmiştir. Jeolojik panel diyagramda üç boyut yayılımı belirlenen litolojik seviyeler hidrojeolojik panel diyagramın oluşturulmasında kullanılmıştır (Şekil B.11). Hidrojeolojik panel diyagramın oluşturulmasında yararlanılan kuyuların derinlikleri 321 m ile 150 m arasında değişmektedir. Kuyuların derin olanları Ergene Formasyonu'nu kestikten sonra Danişmen Formasyonu içinde sonlanmıştır. Panelin kesitinin Kuzey köşesinde Ergene Formasyonu kalınlığı yaklaşık 300-350 m iken, doğu köşesinde 320 m ve batı köşesinde ise 370 m dolayında olduğu görülmüştür. Bu durum Ergene Formasyonu eş kalınlık ve taban topoğrafyası haritaları ile de uyumludur. Çerkezköy' de, Çorlu' daki sedimenter istiften farklı olarak Danişmen Formasyonunun geçirimsiz yeşil killeri üzerine gelen Ergene Formasyonunun litolojik birimi, yaklaşık 50 m kalınlığındaki yarıgeçirimli nitelikteki killi kumlardır. Bu birim, kuzey ve orta kesimlerde varlığı gözlenen fakat panelin doğu-batı kesimlerinde yer almayan merceksi yapılı ve 20-50 m kalınlığında çalılı kumlu zon ile örtülmüştür. Merceksi yapılı bu seviye üstüne yaklaşık 85-90 m kalınlığında kumlu seviye gelir. Bunlar da Çorlu'dakine benzer şekilde kalınlığı 100-60 m arasında değişen bir killi kum düzeyi ile üstlenir. Tüm bu az çok farklı litolojik birimler son olarak Ergene Formasyonu'nun 120-150 m kalınlığındaki killi silt zonuyla örtülür.

Hidrojeolojik panel diyagramdan yararlanılarak yayılımları belirlenen jeohidrolik eş kalınlık haritaları çizilmiştir (Şekil B.12). Danişmen Formasyonu üzerinde yer alan çakıllı kum litolojili geçirimli ortam (Gç1) Çerkezköy bölgesinin güneydoğusunda 50 m kalınlık gösterirken Çerkezköy şehir merkezi altındaki kalınlığı 80 m ye ulaşmakta ve kuzeybatıya doğru azalarak 20 m ye inmektedir. Geçirimli ortam kalınlığı bölgenin batı kesimlerinde tekrar artarak 90 m kalınlıkla en fazla olmaktadır (Şekil B.12a). Bu ortamın üzerinde yer alan kumlu seviyelerden oluşan Gç2 ortamı,

bölgenin kuzey kesiminde 90 m kalınlıkta iken orta kesimlere doğru kalınlığı azalarak 30 m ye düşer ve güneydoğu ve batı yönlerine doğru ise kalınlaşarak 60-70 m ye ulaşır(Şekil B.12b). Bu kumlu seviye ile altındaki killi kumdan oluşan seviye arasında yer alan çakıllı kumdan oluşan Geçirimli ortam (Gç1) bölgenin kuzey kesiminde kalınlığı 50 m olan bir mercek şeklinde yer alır (Şekil B.12c). Killi kumdan oluşan üst yarı geçirimli ortam (gç2) tüm bölgede 70 ile 110 m arasında değişen kalınlıktadır (Şekil B.12d). Tüm Ortamların en üstünde yer alan killi silt litolojili yarıgeçirimsiz ortam (gz) ise bölgenin kuzeydoğu kesiminde 60 m ve diğer kesimlerinde 90-100 m kalınlıktadır (Şekil B.12d).

Çerkezköy bölgesinde belirlenen ve tanımlanan jeohidrolik ortamların ana özellikleri Tablo 5.6 de gösterilmiştir. Çorlu Deresinin boşalım kotu 100m dir. Dere yarı geçirimsiz ortam nitelikli ince taneli bir litolojik seviyede akmaktadır. Bu seviye ince taneli killi, siltten oluşan litoloji gösterir. Bu seviyenin altında yarıgeçirimli, killi kum seviyesi kirliliğin düşey yönde gerçekleşmesini olanaklı kılar. Bu durum Çorlu'dakine benzer bir duruma neden olur. Ancak bölgedeki statik su seviyesinin 80 m ve dinamik su seviyesinin 100 m de bulunması nedeniyle Çorlu deresinin akiferi besleyebileceği infiltrasyon zonu kalınlığı düşeyde 30 m yi aşmaktadır.

Tablo 5.6 Çerkezköy bölgesi hidrojeolojik panel diyagramına göre litoloji-jeohidrolik ortam ilişkisi ve tanımları

Formasyon	Litoloji	Simge	Jeohidrolik Ortam
Ergene Formasyonu (Tme)	Killi, silt	gz	Yarıgeçirimsiz
	Killi, kum	gç2	Yarıgeçirimli
	Kum	Gç2	Geçirimli
	Çakıllı, kum	Gç1	Geçirimli
	Killi, kum	gç1	Yarıgeçirimli
Danişmen Formasyonu (Tod)	Kil	Gz	Geçirimsiz

Çorlu Deresi yakınındaki Bosh-Siemens Hausgerate (Profilo) grubuna ait fabrikanın su kuyularında statik su seviyesi 80 m, kuyu ağız kotu ise 147 m dir Bu nedenle günümüz koşulları altında Çorlu Deresinin akiferi beslemesi ve dolayısı ile de kirlenmesi çok zor görülmektedir (Dumlu, 2004). Sondaj kuyularından elde edilen veriler ile saptanan (Bomogolov, 1978) permeabilite değerleri  $1.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$  ile

$7.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$  arasında değişir. Bu değerler inceleme alanının geneli için saptanan permeabilite değeri  $1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$  ile uyumludur.



## 6. YERALTI SUYU KİMYASI VE GÜNCEL NİTELİĞİNDEKİ ETKENLER

Bu bölümde inceleme alanının yüzey drenaj alanı içerisinde olmak üzere Ergene Nehri ve Çorlu Deresi akış ekseninde bir ağ belirlenmiş ve oluşturulan çokgenlerin köşelerine denk gelen ve Ergene Formasyonundan beslenen 9 adet sondaj kuyusu ana veri kaynağı olarak alınmıştır (Tablo 6.1, Şekil B.13). Bu referans kuyularından, Mayıs 2003 ve Nisan 2004 ayları arasında her ay düzenli olarak su örnekleri alınmış ve analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarından, ABD Tuzluluk (Riverside), Wilcox ve Schoeller içilebilirlik diyagramlarının hazırlanmasında yararlanılmıştır. Su örneklerinin kimyasal sınıflamasını yapmak ve kimyasal bileşimleri üzerinde etkin olan litolojiyi tanımlamak için Piper ve Schoeller yarı logaritmik diyagramları birlikte kullanılmıştır. Gibbs diyagramı ile de litolojinin yeraltı sularının kimyasal bileşimi üzerindeki etkinlik derecesi araştırılmıştır. Ayrıca eş elektriksel iletkenlik ve hidrokimyasal fasiyes haritaları hazırlanmıştır (Şekil B.14, 17).

İnceleme alanı yeraltısularının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla oluşturulan ağdaki 9 gözlem kuyusu ile bunlara ek olarak Ergene Nehri ve Çorlu Deresi üzerindeki 3 gözlem noktası ile lokasyon tanımları Tablo 6.1. de verilmiştir.

Tablo 6.1 Düzenli örnekleme yapılan sondaj kuyuları ve akarsu noktaları tablosu

Örnek Kodu	Örnek Türü	Lokasyon	Koordinat
GK-01	Sondaj kuyusu	Vakıflar köyü	53383 – 69366
GK-02	Sondaj kuyusu	Esenler KH	55250 – 64813
GK-03	Sondaj kuyusu	Sarılar KH	55357 – 55583
GK-04	Sondaj kuyusu	Uzunhacı KH	69783 – 77389
GK-05	Sondaj kuyusu	Bakırca KH	65982 – 73687
GK-06	Sondaj kuyusu	Yulaflı	70005 – 61858
GK-07	Sondaj kuyusu	Çorlu	65580 – 58361
GK-08	Sondaj kuyusu	Kapaklı	82581 – 74613
GK-09	Sondaj kuyusu	Veliköy	80010 – 69542
GN-01	Akarsu	İnanlı-Çorlu Deresi	40722 – 63842
GN-02	Akarsu	Çerkezköy- OSB çıkışı, Çorlu Deresi	81300 – 69778
GN-03	Akarsu	Ulaş- Ergene Nehri	69200 - 63750

Yeraltısını gözlem kuyularında yapılan anyon, katyon ve ağır metal parametreleri Tablo 6.2. de, bunların Eylül 2003 sonuçları ise Tablo 6.3 de verilmiştir. Daha sonra bu verilere bağlı olarak yeraltısını bileşimindeki başlıca iyonların kökenleri ve inceleme alanındaki litolojik birimlerle olan ilişkileri araştırılmış, sağlanan sonuçlar diyagramlar oluşturularak irdelenmiş ve yorumlanmıştır.

Tablo 6.2. Gözlem kuyuları ve akarsu noktalarında yapılan analizler

	Volumetrik - Spektrofotometrik	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
Anyonlar	Cl, HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub>	-
Katyonlar	Na, K, Ca	Mg
Ağır Metaller	-	Fe, Mn, Cr, Cd, Pb, Zn, Cu

### 6.1. Su Kimyası

İnceleme alanındaki yeraltısının kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla oluşturulan ağdaki 9 gözlem kuyusundan aylık periyotlar halinde alınan su örnekleri, Trakya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Analitik Kimya ve Enstrümantal Analiz Laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Örnekler üzerinde inceleme yapılan ve ölçüm gerçekleştirilen özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Elektriksel İletkenlik (EC) :

Genel olarak bütün sular elektriği iletir ve iletkenlik suyun iyon konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Elektriksel iletkenliğin ölçüsü “mikromho/cm” dir. Bu tanımlama, + 24 °C deki suyun iletkenlik derecesini belirtir. İnceleme alanındaki suların elektriksel iletkenlik değerleri 1488 ile 315 mikromho/cm arasındadır. Ortalama iletkenlik değeri 700 mikromho/cm civarındadır. Buna göre tüm sular içme suyu açısından Scofield sınıflamasına göre “iyi” ve “kullanılabilir” olarak tanımlanmış gruplara girmektedir (Şekil B.17).

Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH) :

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması suyun “pH” değeri olarak tanımlanır. pH= 7 olan sular “nötr” sulardır.. Bu tür sular H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları denge durumundadır. Genel olarak yeraltıları pH< 7 olan ve asit özelliği baskın olan sulardır. Yüzeysuları ise pH> 8 olan , bazik özellikli sulardır. İnceleme alanındaki sulara ait pH değerlerinin 5,9 ile 7,8 arasında değiştiği

görülmüştür. Genellikle sular Ekim-Aralık döneminde asidik karakter göstermekte, diğer aylarda ise bazik karakterde bulunmaktadır.

**Klorür ( $Cl^{-2}$ ) :**

Yeraltısularındaki klorür, deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan yada atmosferden gelebilir. İnceleme alanı sularındaki klorür miktarı 133,7 ile 10,1 mg/l arasında değişir. TSE 266 ya göre tavsiye edilen İçme suları için klorür sınır değeri miktar 200 mg/l olduğuna göre inceleme alanı suları klorür içerikleri açısından kirli değildir.

**Sülfat ( $SO_4^{-2}$ ) :**

Yeraltısularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidrit kökenlidir. Bunların dışında ayrıca piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfattan da az bile olsa yeraltısuyu bileşimine sülfat katılabilir. İnceleme alanındaki sülfat miktarları 117 ile 1,1 mg/l arasında değişmektedir. İçme sularındaki sülfatın miktarı 200-4000mg/l arasında olmalıdır (TSE, 1997).İnceleme alanı sularındaki sülfat miktarı 1,1 ila 22,7 mg/l arasında değişmektedir. Sülfatın toprağın tuzunu artırması dışında zararlı etkisi yoktur. Sulama sularında 250 mg/l ye kadar olan miktarlar bitki beslenmesi için yararlıdır (Erguvanlı ve diğ., 1987).

**Nitrat ( $NO_3^{-1}$ ) :**

Yeraltısularında nitrat çoğunlukla canlıların atıkları ve suni gübreye bağlı olarak ortaya çıkar (Rajmohan ve Elango, 2005). Sularda 5-10 mg/l den fazla nitrat bulunması suyun dışardan kirletildiğini gösterir (Hem, 1985; Guimera 1998; Hudak, 200; Nolan, 2001; Oren ve diğ. 2004). İnceleme alanındaki nitrat değerleri 170 ile 0,78 mg/l arasında değişmektedir. GK-02, GK-03, GK-04 kuyularında özellikle çok düşük değerler gözlenirken GK-07 kuyusundaki değerler çok yüksek bulunmuş ve 45 mg/l lik TSE değerinin üzeri saptanmıştır. Bu durum suyun dışarıdan kirletildiğini göstermektedir. Diğer tüm kuyulara ait örneklerindeki nitrat değeri standartların altındadır.

**Kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ) :**

Kalsiyumun yeraltısularına katılması; kalsit aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit gibi silikatlı olmayan minerallerdeki ve albit, anortit, piroksen, amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun su tarafından eritilmesi ile olur. Genel olarak yeraltısularındaki kalsiyum miktarı 10-100 mg/l arasında değişir. Bazen bu miktar

500 mg/l hatta 1000 mg/l ye kadar artabilir. Kalsiyum artışı suyun tadını değiştirir, sertliğini arttırarak sabunun köpürmesini azaltır, bitkilerin gelişimin arttırarak sodyum yüzdesini düşürür (Erguvanlı, 1987). İnceleme alanındaki kalsiyum değerleri 195 mg/l ile 41,2 mg/l arasında değişir. Bu değerler TSE standartlarını aşmamaktadır.

Magnezyum ( $Mg^{+2}$ ) :

Yeraltısularındaki magnezyum, magnezyum bikarbonatın erimesi ile ortaya çıkar. 125 mg/l den fazla magnezyum değerleri olan sular acıdır ve içilemez. İnsanlarda özellikle bağırsaklarda sorun ortaya çıkarır (Erguvanlı, 1987). İnceleme alanı kuyu sularında belirlenen magnezyum değerleri, 36 mg/l ile 5 mg/l arasındadır. Bu değerler TSE standartlarını aşmamaktadır.

Sodyum ( $Na^{+1}$ ) :

Yeraltısularına en çok, plajiyoklasların ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır. İnsanlar üzerinde fazlaca bir olumsuz etkisi yoktur. Ancak kalp ve böbrek hastalarının yüksek Na lu suları devamlı içmemesi tavsiye edilir. Killi toprakların bu tür sular ile sulanması sonucu sıkı ve düşük permeabiliteli “alkali topraklar” oluşur (Erguvanlı, 1987). İnceleme alanındaki suların sodyum değerleri 89,2 mg/l ile 4,2 mg/l arasındadır.

Karbonat ve Bikarbonat ( $CO_3^{-2} - HCO_3^{-2}$ ) :

Yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat iyonları çoğunlukla atmosferdeki ve topraktaki  $CO_2$  den ayrıca karbonatlı kayaların erimesi ile ortaya çıkar. Bikarbonat iyonu sulama suları için yararlıdır, ancak fazlası toprakta kireç birikimine neden olur (Erguvanlı, 1987). İnceleme alanındaki bikarbonat değerleri, 1334 ile 337 mg/l arasında değişmektedir.

### **6.1.1. İnceleme alanı sularının içilebilirlik niteliği**

İnceleme alanındaki suların içilebilirlik özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla Tablo 6.3 de verilen analiz sonuçları Schoeller içilebilirlik diyagramına yerleştirilmiş ve GK-02, GK-05 ve GK-06 kuyularına ait suların, “1. kalite, çok iyi kaliteli içilebilir sular”, GK-03, GK-04, GK-08 ve GK-09 kuyuları sularının ise “2. kalite, iyi kaliteli içilebilir sular”, GK-01 ve GK-07 kuyularına ait suların ise “3. kalite, orta

Tablo 6.3 İnceleme alanı su örneklerinin analiz sonuçları, Eylül 2003

Analiz parametreleri	Sondaj kuyuları											Akarsu noktaları				
	GK 01 (Vakıflar)	GK 02 (Esenler)	GK 03 (Sarılar)	GK 04 (Uzunhacı)	GK 05 (Balsırcı)	GK 06 (Yulaflı)	GK 07 (Çorlu)	GK 08 (Kapaklı)	GK 09 (Veitköy)	GN-01 (İnanlı)	GN 02 (Sağlık Mah.)	GN 03 (Velimese)	GN 04 (Çerkezköy)	GN 05 (Ulaş)		
pH	7,7	7,6	7,1	7	7,1	7,8	7,1	6,8	6,7	8,0	6,9	7,2	8,5	8,1		
EC (µ S/cm)	1488	347	841	447	498	331	1347	865	545	7318	*	*	5977	1000		
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	436	435	1334	436	336	335	705	672	403	*	*	*	*	*		
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	82,7	11,2	20,7	9,7	15,2	12,7	33,7	33,2	19,2	1984,6	*	*	1417,6	87,9		
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	22,2	11,9	27,2	1,1	6,3	4,6	39,8	11,8	8,2	365	*	*	425	93		
NO <sub>3</sub> N(mg/l)	6,31	-	2,99	0,78	1,99	-	125,6	0,45	-	-	*	*	-	2,1		
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	137,0	51,3	60,9	90,6	43,3	44,8	195,6	115,4	76,9	78	*	*	58	78		
Mg <sup>++</sup> (mg/l)	37,6	8,3	11,4	9,9	12,7	5,1	13,8	22,4	15,6	20,7	*	*	18,2	20,7		
Na <sup>+</sup> (mg/l)	79,2	2,5	18,8	3,8	2,7	7,8	43,1	13,6	20,2	1598,5	*	*	1278,5	1598,5		
K <sup>+</sup> (mg/l)	0,2	0,4	0,9	4,2	0,9	0,2	1,9	1,0	0,7	36,7	*	*	10,9	36,3		
Cu (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	1,34	1,52	*	*		
Fe (mg/l)	0,079	0,49	0,079	0,161	0,079	-	-	-	0,189	*	1,86	2,27	*	*		
Zn (mg/l)	-	-	-	-	-	-	0,178	-	-	*	0,242	0,271	*	*		
Mn (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*		
T-Cr (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	*		
Cd (mg/l)	0,025	0,042	0,038	-	-	0,025	0,025	-	-	*	Eser	Eser	*	*		
Pb (mg/l)	0,538	0,255	0,326	-	0,042	0,609	0,113	0,538	-	*	0,211	0,248	*	*		
F (mg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,540	0,222	*	*		
Cr <sup>+6</sup> (mg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	*	*		
Organik madde	*	*	*	*	*	*	*	*	*	59,8	*	*	56,8	59,8		
Toplam PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4,9	0,966	2,77	7,15	4		
TDS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4684	*	*	3825	640		
BOİ (mg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	46	290	175	46	96		
KOİ (mg/l)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	378	710	298	324	15		

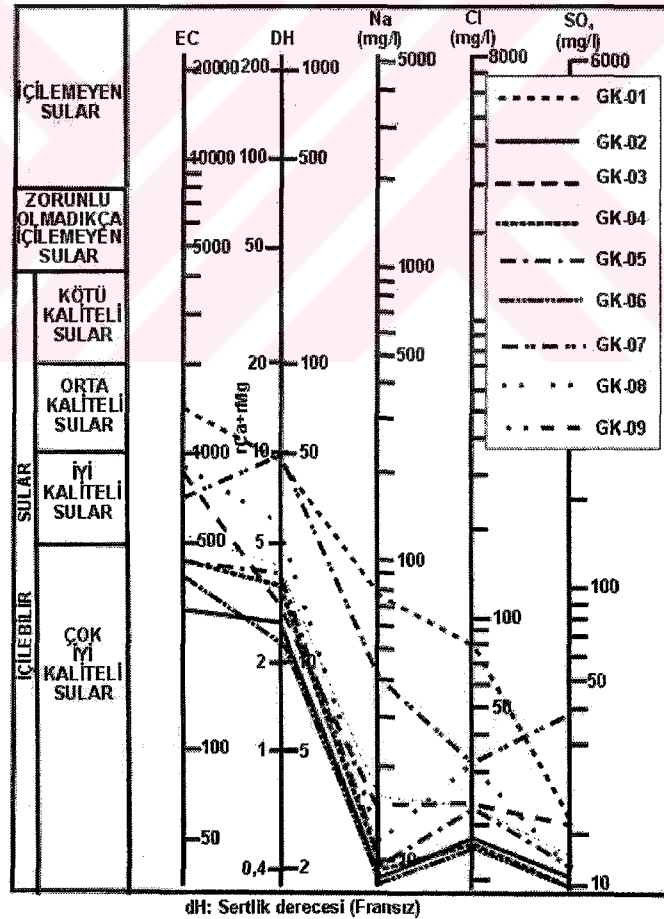
- değer yok  
\* ölçüm yok

kaliteli içilebilir sular” sınıfına girdiği belirlenmiştir (Şekil 6.1). İnceleme alanı sularındaki yüksek kalsiyum miktarları nedeniyle içimleri serttir.

### 6.1.2. İnceleme alanı sularının sulama suyu niteliği

Sulama sularında bulunan fazla miktarda çözülmüş iyon, bitkileri ve tarım toprağını fiziksel ve kimyasal yollardan etkileyerek verimliliği azaltır. İnceleme alanındaki tarımsal faaliyetlerde yeraltısuyunun etkisini araştırmak üzere Tablo 6.3 de verilen değerler kullanılarak ABD Tuzluluk Lab. (Riverside) ve Wilcox diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 6.1, 6.3).

ABD Tuzluluk Lab. diyagramında sular  $C_2-S_1$  ve  $C_3-S_1$  grubunda toplanmıştır.  $C_2-S_1$  sınıfındaki sular; GK-02, GK-04, GK-05, GK-06, GK-09 kuyularına ait olup orta tuzlu az sodyumlu sular sınıfına girerken,  $C_3-S_1$  sınıfına giren GK-01, GK-03, GK-07

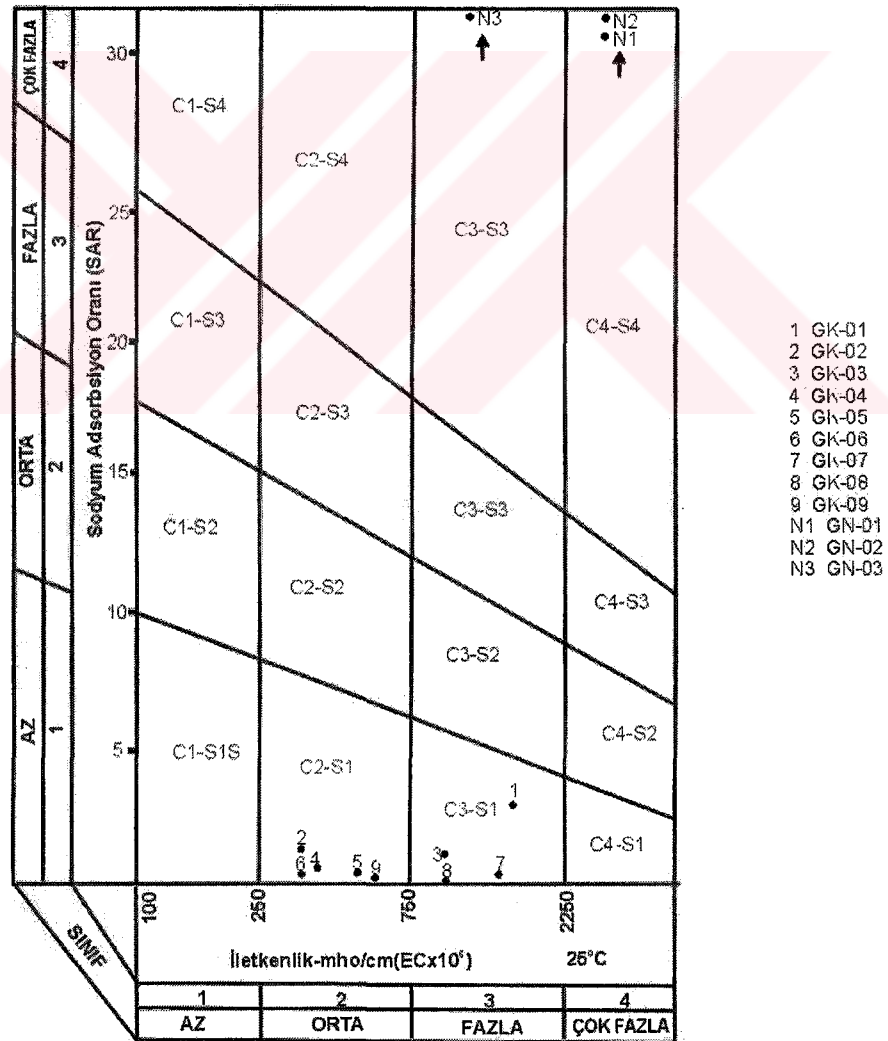


dH: Sertlik derecesi (Fransız)

Şekil 6.1 İnceleme alanı sularının Schoeller içilebilirlik diyagramı

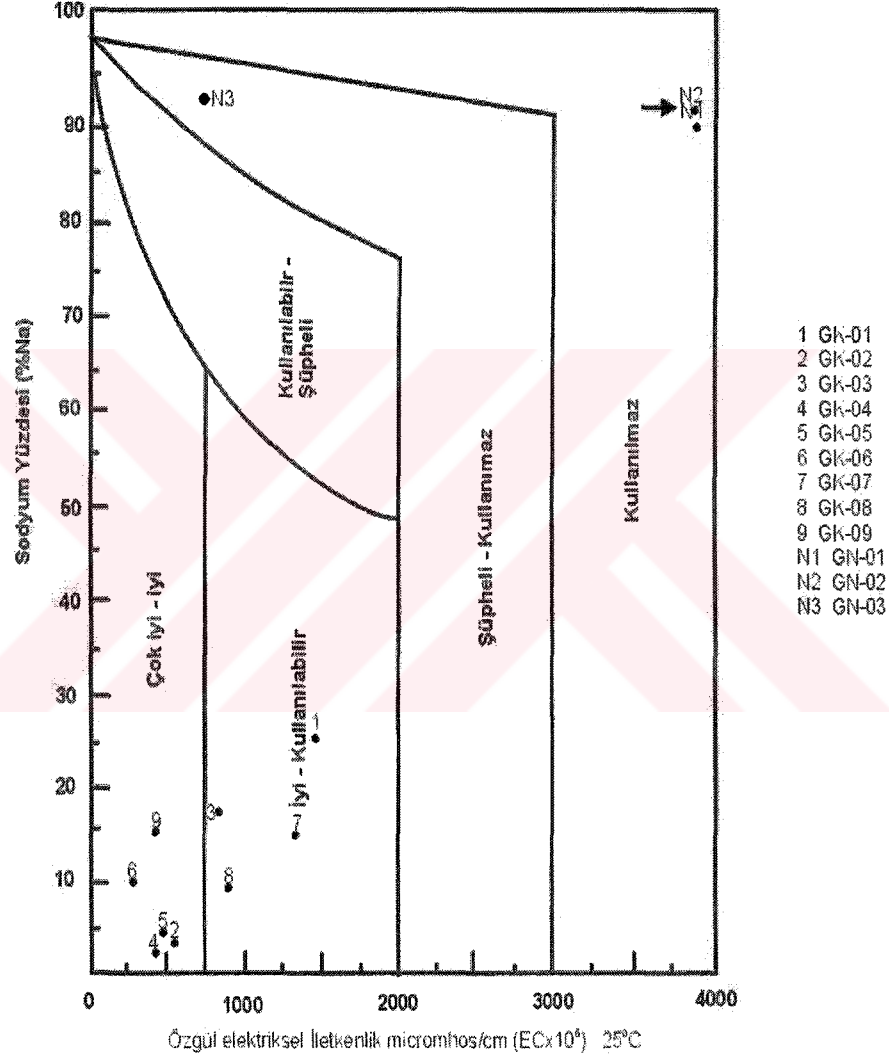
GK-08 kuyularına ait sular ise, fazla tuzlu, az sodyumlu sular türündedir. Yüzey suyu örnekleri olan GN-01, GN-02, GN-03 ise  $C_3-S_3$  ve  $C_4-S_4$  sınıflarının bile dışında

kalmakta yüksek tuz ve sodyum içeriği ile göze çarpmaktadır (Şekil 6.2). İnceleme alanındaki yeraltısularının elektriksel iletkenlik (EC) değerleri de sudaki çözülmüş iyon miktarı konsantrasyonuna bağlı olarak farklılıklar görülmektedir. GK-01 kuyusu Trakya Formasyonu birimlerini geçerek Ergene Formasyonundan su alırken GK-03, GK-07, GK-08 kuyuları Ergene Formasyonundan su almaktadır. Ergene Formasyonundaki Na'lu killeri kesen bu kuyularda Ca ve Mg iyonları ile yer değiştireni Na iyonundaki miktarın artması ile suyun elektriksel iletkenlik değerleri de artış göstermiştir. İnceleme alanındaki tüm yeraltısularının, toprakta herhangi bir alkali tehlikesi yaratmadan kullanılabileceği belirlenmiştir. Tuzluluk tehlikesinin “orta fazla” olması nedeniyle drenajı kötü olan arazilerde kullanılmaması ve ayrıca zemindeki tuz miktarının sürekli gözlenmesi gerekmektedir. Ergene Nehrinden ve Çorlu Deresinden alınan örnekler ise bu akarsulardaki suların sulama suyu olarak kullanılamaz olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 6.2 İnceleme alanı sularının ABD tuzluluk (Riverside) diyagramı

Wilcox diyagramında ise GK-02, GK-04, GK-05, GK-06 ve GK-09 nolu kuyulara ait sular “çok iyi-iyi” sınıfına girerken, GK-01, GK-03, GK-07, GK-08 nolu kuyulara ait sular “iyi-kullanılabilir” sınıfına girmektedir (şekil 6.3). Ergene Nehrine ait GN-03 örneği, “şüpheli-kullanılamaz” sınıfında yer alırken, Çorlu Deresine ait olan GN-01 ve GN-02 örnekleri yüksek elektriksel iletkenlik değerleri nedeniyle “kullanılamaz” su sınıfının sınırlarının çok üzerinde kalmaktadırlar.



Şekil 6.3 Araştırma alanı yeraltısuları Wilcox diyagramı

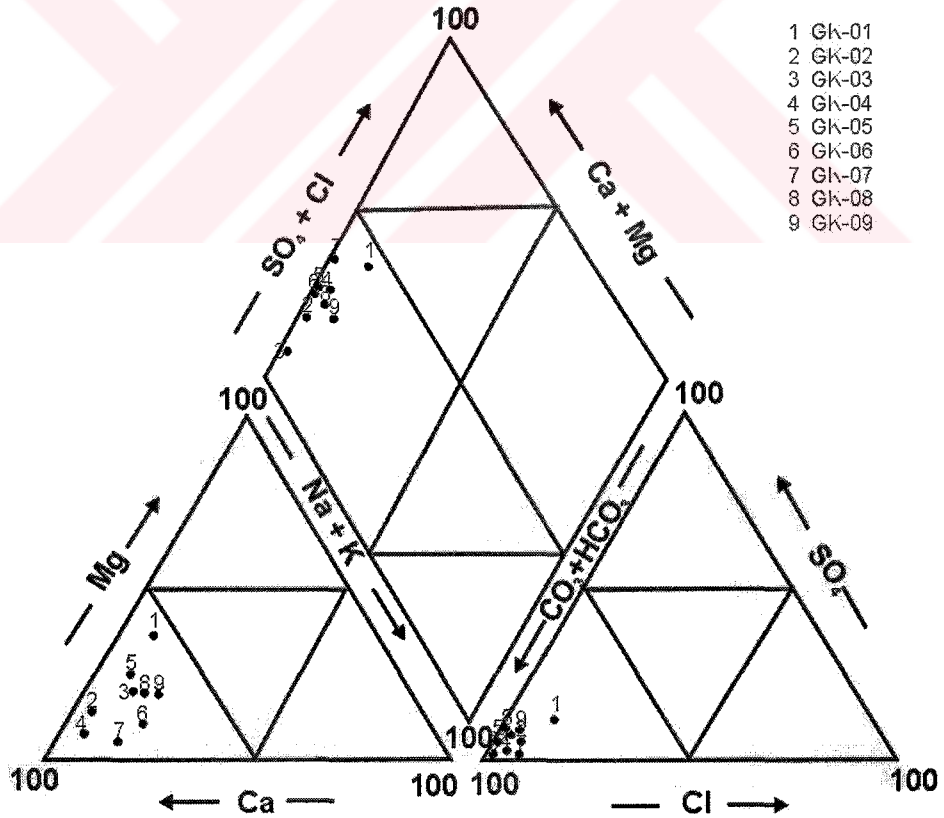
Scofield sınıflamasına göre araştırma alanındaki yeraltısuları sulama suyu açısından “İyi” ve “Kullanılabilir” sular sınıfında iken Yüzey suları “Kullanılabilir” ve “Kullanılamaz” sınıfındadır (Tablo 6.4).

Tablo 6.4 Araştırma alanı yeraltısuları Scofield sınıflaması

EC (25° C de Mmho/cm)	Sınıf	Gözlem Kuyu ve Noktaları
250 den az	1. Çok iyi	-
250 – 750	2. İyi	GK-02/04/05/06/09
750 – 2000	3. Kullanılabilir	GK 01/03/07/08-GN 03
2000 – 3000	4. Şüpheli	-
3000 den fazla	5. Kullanılmaz	GN 01/02

## 6.2. İnceleme Alanı Suları Kimyasal Bileşiminin Litoloji ile İlişkisi

Normal koşullarda yağış suları ile beslenen yeraltısularının gerek süzülme ve gerekse yer altı akışı sırasında geçtikleri yeraltı ortamıyla ilişkilerini ortaya çıkarmak, kimyasal sınıflamasını yapmak ve gerekse kimyasal bileşimlerinin şekillenmesindeki etkin litolojiyi tanımlamak için Piper ve Schoeller yarı logaritmik diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 6.4,6.5). Ayrıca Gibbs diyagramı yardımı ile de litolojinin yeraltısuyu kimyasal bileşimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.4 İnceleme alanı yeraltısularının Piper diyagramı.

Araştırma alanındaki suların % meq/l değerlerinden yararlanılarak hazırlanan Piper diyagramında suların katyon oranlarına göre GK-01 ve GK-05 dışındaki tüm suların “Ca<sup>+2</sup>” lu GK-01 ve GK-05 in ise “Ca<sup>+2</sup>” ve “Mg<sup>+2</sup>”lu sular alanında yer aldığı anyon oranına göre de tüm örneklerin HCO<sub>3</sub><sup>-1</sup> lu sular alanına girdiği belirlenmiştir. Piper diyagramında ise örneklerin karbonat sertliğinin % 50 den fazla olup CaCO<sub>3</sub> ve MgCO<sub>3</sub> lu sular niteliğinde olduğu görülmektedir (Şekil 6.4).

Yukarıdaki sonuçlara göre incelenen su örneklerinin Piper diyagramındaki yerleşimlerinin dağılımı, yeraltısuyunun kimyasal bileşiminin inceleme alanındaki yaygın çakıltası, kumtaşı, kiltası, marn bileşimi ile uyum içinde olduğunu, ayrıca çakıltası kumtaşı ve Kırklareli kireçtaşı gereçlerinden etkilendiğini göstermektedir. magnezyum miktarındaki fazlalık ise bölgedeki sedimenter kayaların gereçlerini oluşturan, Kırklareli kireçtaşları bünyesindeki dolomit ve metamorfik kayaç mineralleri (olivin, biyotit, hornblend, ojit) ile mağmatik kayalardaki serpantin, talk, diopsit, ve tremolit gibi minerallerin yada kalsiyumlu killerin Na ile iyon değişimine girmesi sonucu ortaya çıkmıştır (Şahinci, 1986).

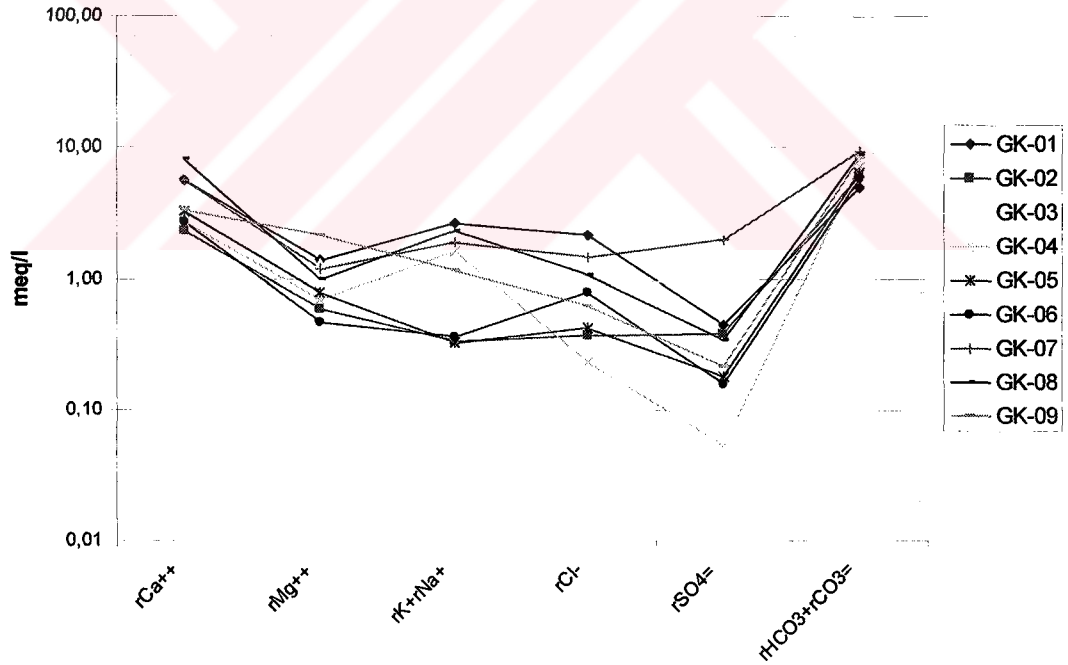
İnceleme alanındaki yeraltısuyu örneklerinin kimyasal özelliklerini karşılaştırmak amacıyla hazırlanan Schoeller diyagramında tüm yeraltısuyu örneklerinin benzer özellikler taşıdığı anlaşılmıştır. GK-04 kuyusuna ait grafikteki düşük SO<sub>4</sub> içeriği ile diğer kuyulara göre daha yüksek değerdeki GK-01 kuyusuna ait Mg, K, Na, Cl içerikleriyle dikkat çekmektedir.

Yüzey sularına ait örnekler ise yüksek K, Na ve Cl içerikleri ile yeraltısularından ayrılmaktadır. Özellikle Çorlu deresine ait GN-01 ve GN-03 örneklerinde rastlanan yüksek miktarda SO<sub>4</sub>, Cl, K, Na içeriği dikkat çekicidir. Diğer taraftan Ergene Nehrinden alınan GN-03 örneğindeki Cl ve SO<sub>4</sub> değerleri yeraltısuyu değerlerine daha yakındır.

Schoeller diyagramındaki yeraltısuyu örneklerine ait iyon değerlerini birleştiren doğruların uyumlu olması, bu suların aynı akifere ait olduğunu göstermektedir (Şekil 6.5 ve 6.6). İnceleme alanına ait hidrojeolojik panel diyagram ile oluşturulan model de bu sonuçları ayrıca desteklemektedir. GN-01 ve GN-02 örneklerindeki yüksek Cl içeriği ise suların dışarıdan kirletildiğine işaret etmektedir (Şahinci, 1968). Buna karşılık GN-03 örneğindeki düşük Cl içeriği, Ergene nehrinin kirliliğinin Çorlu Deresine göre daha az olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.5 Araştırma alanı, yeraltı ve yüzey sularının Schoeller diyagramı (Eylül, 2003)



Şekil 6.6 Araştırma alanı yeraltı sularının Schoeller diyagramı (Nisan, 2004).

Schoeller diyagramlarındaki katyonların değişimi sıralaması “Ca<sup>+2</sup>> Mg<sup>+2</sup>> Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>” şeklinde ve dolomit, kumtaşı, marn silt ve kil gibi litolojilerden gelen sularinkine benzerdir (Şahinci, 1986). Anyon değişimi sıralaması ise, “HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>> SO<sub>4</sub><sup>=</sup>”

$2 > Cl^{-1}$  ve  $"HCO_3 > Cl^{-1} > SO_4^{-2}"$  şeklindedir. Bu değişim dizilimi ise inceleme alanındaki yeraltısularının dolomit, kumtaşı, marn, kil ve silt gibi litolojilerden gelen sular olduğunu göstermektedir (Şahinci, 1986).

Araştırma alanındaki alüvyoner akiferin sedimanter kökenli olmasına karşı akarsuların bulunduğu kuzey kesimde çeşitli kayaç kırıntılarının oluşturduğu akifer karmaşık yapılıdır (Bölüm 4). Çakıl, kum, silt ve kil boyutlu malzemelerin birlikte bulunması nedeniyle yağışlarla yüzeyden beslenebildikleri gibi akarsular ile de beslenebilirler. Bu nedenle değişik noktalarda su kalitesi ve bileşimi farklılıklar göstermektedir (Şahinci, 1986).

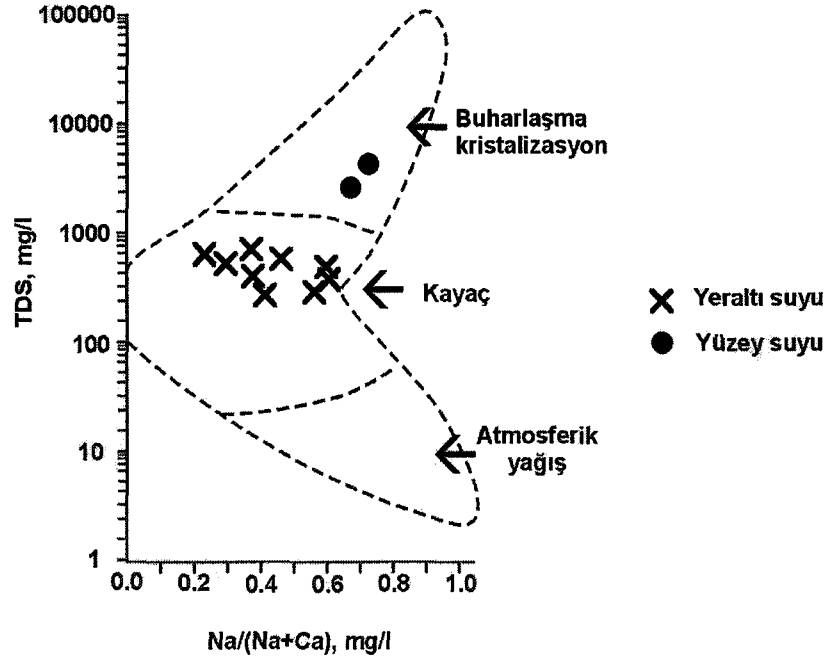
İnceleme alanındaki suların hidrokimyasal fasiyesleri ise Tablo 6.5 de verilmiştir. Buna göre, GK-01 kuyusu,  $"Ca-Na-Mg-HCO_3"$  fasiyesinde, GK-05 kuyusu  $"Ca-Mg-HCO_3"$  fasiyesinde olduğu gözlenirken, diğer tüm kuyulara ait örnekler  $"Ca-HCO_3"$  fasiyesindedir (Ek 14).

Tablo 6.5 İnceleme alanı yeraltısularının hidrokimyasal fasiyesleri

Fasiyes	Ca-Na-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-HCO <sub>3</sub>
Kuyu Adı	GK-01	GK-05	GK-02,03,04,06,07,08,09

İnceleme alanına ait su örneklerinin Gibbs diyagramına uyarlanması sonucu suların  $"Kayaç Baskın"$  bölgeye düştüğü görülmüştür. Bu da incelenen suların havzadaki kayaçlar ile, kimyasal bileşimlerini etkileyecek kadar uzun süre temas halinde olduğunu göstermektedir (Şekil 6.7).

Yeraltısularındaki kalsiyum ve bikarbonat % meg/l değerlerinin yüksek çıkması, akiferin beslenme alanı içinde yer alan Kırklareli Kireçtaşı Formasyonundaki (Tek) kalsiyum karbonatın kısmi karbondioksit basıncı ile çözünmesi sonucudur. Kalsiyum iyonlarının sulardaki fazlalığı toprağın sodyum içeriğinin artması tehlikesini azaltır (Şahinci, 1986). Araştırma alanındaki tüm gözlem kuyuları, sularını Ergene Formasyonundan almaktadır. Bu formasyona ait killi ve kumlu seviyeler çok yaygındır. Killerin geçirirmliliğinin az ve tane boyutunun çok küçük olması nedeniyle suyla uzun süre temas ederler. Bu nedenle klor iyonları killer tarafından soğurulur. Bu sular Klor iyonu açısından fakirdir. Klor iyonunun yüksek değerlere çıkması ise GK-01 de olduğu gibi, sodyum iyonu miktarını da arttırır.



Şekil 6.7 İnceleme alanındaki suların Gibbs diyagramı (Gibbs, 1970)

### 6.3. İnceleme Alanı Sularının İçme, Sulama ve Kullanma Suyu Olarak İrdelenmesi

Yeraltısularındaki kalsiyum ve bikarbonat içeriğinin % mg/l değerlerinin yüksek çıkması, akiferin beslenme alanı içinde yer alan Kırklareli kireçtaşındaki (Tek) kalsiyum karbonatın, kısmi karbondioksit basıncı ile çözünmesinin sonucudur. Bilindiği gibi kalsiyum iyonlarının sulardaki fazlalığı toprağın sodyum tehlikesini azaltmaktadır (Şahinci, 1986). İnceleme alanındaki tüm gözlem kuyularının suları Ergene Formasyonundan (Tme) gelmektedir. Bu formasyona ait killi ve kumlu seviyeler çok yaygındır. Killerin geçirirliliğinin yok sayılacak kadar düşük ve tane boyularının çok küçük olması nedeniyle suyla temas süresi çok uzundur. Bu nedenle klor iyonları killer tarafından ve sular klor iyonu açısından fakirleşir.

GK-01 kuyusunun Trakya Formasyonundan geçerek Ergene Formasyonundan su alması nedeniyle, Trakya Formasyonundaki sodyumlu killerin su bünyesindeki kalsiyum ve magnezyum ile iyon değişimi yaparak suyun sodyum iyonlarınca zenginleşmesini sağlaması olağandır.

GK-05 kuyusunda ise Ergene Formasyonu, Kurtdere üyesindeki killerin muhtemelen kalsiyumlu olması ve su bünyesindeki sodyum ile iyon değişimi yapması nedeniyle magnezyum iyonu konsantrasyonu artmıştır. Kuyu suyunda karşılaşılan düşük sodyum % meq/l değeri bu durumu desteklemektedir. Örneklem kuyularında bir yıl boyunca yapılan hidrokimyasal analiz sonuçları ve ağır metal konsantrasyonu değerleri Ek 19 ve 20 de toplu olarak verilmiştir.

İnceleme alanındaki tarımsal faaliyeti varlığı ve iki OSB nin bir arada bulunması önemlidir. Çerkezköy OSB de tekstil fabrikaları yer alırken, Çorlu OSB’de deri fabrikaları ağırlıklıdır. Bu tür fabrikalar ise üretim çalışmaları sırasında ağır metaller içeren ürünler kullanmaktadır. Bu nedenle inceleme alanı suları içinde ağır metal konsantrasyonu ve dağılımının araştırılması önem taşımaktadır. Yapılan değerlendirmede, bölge suları içinde, içme suyu ve kullanma suyu kriterlerini veren TS 266, ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınır değerlerini aşan iyonlar ve ağır metal içerikleri saptanmış ve dağılımları haritalanmıştır (Şekil B.15). Sonuçlar Tablo 6.6 de toplu olarak verilmiştir. Tablo 6.6’ e göre tüm kuyu sularında alkalinite ve kalsiyum, GK-02, GK-03, GK-04 kuyularında mangan, GK-02, GK-05, GK-07 kuyularında ise demir iyonu değerleri TS 266 da tavsiye edilen sınır değerleri aşmakla beraber, izin verilen sınır değerler içinde kalmaktadır. İnceleme alanında yoğun bir tarımsal faaliyetin bulunması yoğun gübre kullanımına bağlı bir nitrat artışını çağırırsa da TS 266 da izin verilen en üst sınırın 2-3 katı kadar nitrata sadece GK-07 kuyusunda rastlanmıştır. EPA ve WHO ya göre bu değer öngörülen değerden 10 kat fazladır. GK-07 kuyusu tarımsal faaliyetin yoğun olmadığı bir alanda açılmış bir kuyudur ancak yakın çevredeki hayvan bakım alanlarındaki düzensiz hayvan gübresi depolanması bu kuyudaki yoğun nitrat kirliliğinin nedenidir.

Araştırma alanındaki GK-01, GK-02, GK-03, GK-06 ve GK-07 kuyularındaki kadmiyum ve kurşun değerleri TS 266, EPA ve WHO limitlerini aşmaktadır. TS 266 da toplam krom değeri için bir sınır değer bulunmamakla beraber, EPA ve WHO ya göre toplam krom sınır değerleri GK-02, GK-03, GK-06 ve GK-07 kuyularında aşılmaktadır. Kadmiyum değerleri, anılan kuyulardan GK-03 ve GK-07 de Mayıs-



a



b



c

Şekil 6.8. Gözlem kuyuları a-GK-05 b-GK-02 c-GK-08

Aralık aylarında devamlı olarak ve GK-06 kuyusunda ise Temmuz- Aralık aylarında gözlenirken, diğer aylarda hiç ölçülmemiştir. Bu kuyular Çorlu Deresi boyunca sıralanmıştır (Şekil B.13). Kurşun değerleri tüm kuyularda ve özellikle kurak aylarda süreklilik göstermektedir. Krom değerleri ise genel olarak Mayıs–Ağustos ayları süresince gözlenmektedir (Şekil B.15).

Araştırma alanındaki tekstil ve deri sanayi fabrikalarında üretim sırasında yardımcı madde olarak kullanılan aşındırıcılar ve boya ürünleri, krom, kadmiyum ve kurşun içermektedir. Ergene Nehri ve Çorlu Deresi kurşun değerleri açısından su kirliliği kontrol yönetmeliğinin kıta içi su kaynakları sınıflamasına göre tanımlanmış olan kalite kriterleri ile karşılaştırıldığında mevcut ölçümlerin izin verilen 50 µg/l değerinin üzerinde olduğu görülür (Tablo 6.3). Akarsuların içinden geçtiği Ergene Formasyonuna ait yarıgeçirimsiz (gz) ortamın kirleticileri düşey yönde iletebileceği göz önüne alınırsa, kurşun kirliliğinin muhtemel kaynağının Ergene Nehri ve Çorlu deresi olabileceği ortaya çıkmış olur.

Krom ve kadmiyum değerlerine özellikle kurak dönem ölçümlerinde rastlanmaktadır. Yağışlı dönemde yeraltına hızlı sızma ile yeraltı su seviyesi yükselmekte ve artan yeraltı suyu hacmi nedeniyle derişimin azalması bu iyonlara ait değerleri belirlenemeyecek derecede azaltmaktadır. TS 266, EPA ve WHO limit değerlerinin aşıldığı gözlem noktaları şekil B.15 deki harita üzerinde gösterilmiştir. Bu haritaya göre kadmiyum, krom ve kurşun değerlerinin akiferin kalınlaşıp, çukurlaştığı yerlerde ve şeklini aldığı lokasyonlarda en yüksek görülmektedir.

Araştırma alanındaki kuyu sularının bünyesinde yer alan kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığından kaynaklanan ve suların içilebilirlik özelliğine etki eden sertlik derecesi, Fransız sertlik birimi olarak 13,3 ile 54,5 arasında değişmektedir. GK-02, GK-03, GK-05, GK-06 ve GK-09 kuyuları “az sert”, GK-04 ve GK-08 “oldukça sert”, GK-01 ve GK-07, kuyularındaki sular ise “sert” sular sınıfına girmektedir.

Bilindiği gibi Elektriksel iletkenlik değerleri, yeraltı sularında çözülmüş tuz miktarı ile orantılıdır ve sulama suları için önemli bir kriterdir. Su örneklerinde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri 1448 ile 347 mikromho/cm arasında değişir. Ek 17 incelendiğinde, inceleme alanında Çerkezköy’ ün kuzeyindeki Kapaklı yöresi ile orta kesimde Vakıflar, Sarılar, Çorlu arasında yer alan bölgedeki suların 750 mikromho/cm den daha yüksek EC değerleri ile “kullanılabilir” sınıfına girdiği, diğer

alanlardaki suların ise 750 mikromho/cm den daha düşük değerler ile sulama suyu için “iyi” sular sınıfında bulunduğu görülür.

Tablo 6.6 İnceleme alanı yeraltısularında TS 266 ve EPA limitlerini aşan iyonlar

Standart Kuyu Adı	TS 266		EPA, 2004	WHO, 1970
	Tavsiye edilen	İzin verilen		
GK-01	Ph, Ca	Cd, Pb	Cr, Cd, Pb, NO <sub>3</sub>	Cr, Cd, Pb, NO <sub>3</sub>
GK-02	Ph, Fe, Mn	Cd, Pb	Cr, Cd, Pb	Cr, Cd, Pb
GK-03	Ph, Ca, Mn	Cd, Pb	Cr, Cd, Pb	Cr, Cd, Pb
GK-04	Ph, Mn	Pb	Cd, Pb	Cd, Pb
GK-05	Ph, Ca, Fe, Mn	Pb	Pb	Pb
GK-06	Ph	Cd, Pb	Cr, Cd, Pb	Cr, Cd, Pb
GK-07	Ph, Fe, Ca,	Cd, Pb, NO <sub>3</sub>	Cr, Cd, Pb, NO <sub>3</sub>	Cr, Cd, Pb, NO <sub>3</sub>
GK-08	Ph, Ca	Pb	Pb	Pb
GK-09	Ph, Ca			

Sulama suları için bir diğer kriter olan klorür değeri, incelenen tüm örneklerde 4 meq/l den küçük değerlerdir. 2,33 ile 0,34 meq/l arasında değişen bu değerlerle bu sular “çok iyi” sular sınıfına girmektedir. Bir diğer kriter olan sülfat da klorüre benzer özellikler göstermektedir. Sülfat değerleri 0,46 ile 0,02 meq/l arasında değişmektedir. Genellikle 4 meq/l den küçük olan bu değerleriyle sular “çok iyi” sular niteliği taşır.

Bilindiği gibi kaynama sırasında su yüzeyinde çıkan kabarcıklar suyun köpürmesine neden olmaktadır. Bu olayda su fişkırması ve su seviyesindeki önemli değişimler, buharlaşmayı ve dolayısı ile kazan sistemlerini olumsuz yönde etkiler. Suların kaynarken köpürmesinin nedeni sodyum ve potasyum tuzlarınca çok zengin bir zar tabakasının su yüzeyindeki varlığıdır. Suyun kaynarken köpürmesi aşağıdaki bağıntıya göre sınıflanır (Şahinci, 1986).

$$F=62 rNa+78 rK \quad (6.1)$$

İnceleme alanındaki bazı sanayi kuruluşlarında buhar kazanları kullanıldığı için bu özellik de incelenerek tablo A.16 da haritalanmıştır. Haritadan görüldüğü gibi Vakıflar yöresindeki suların “kaynarken çok köpüren” sular, Çorlu yöresindekilerin

“kaynarken köpüren sular” ve diğer yörelerdeki suların ise “kaynarken köpürmeyen sular” sınıfına girdiği görülür (Şekil B.16).

Sülfatlı suların çimento üzerinde etkinliği büyüktür. Portland çimentosunun bileşimindeki alüminotrikalsiyum ( $Al_2O_3 \cdot 3CaO$ ) suyla hidratlaşarak duraylı hale geçer ve “ $Al_2O_3 \cdot 3CaO + 6H_2O = Al_2O_3 \cdot 3CaO \cdot 6H_2O$ ” eşitliğine göre yeniden biçimlenir. Ayrıca hidratlaşmış alüminotrikalsiyum üzerine suda çözülmüş  $CaSO_4$  tuzu da etki yapar ve; “ $Al_2O_3 \cdot 3CaO \cdot 6H_2O + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + 18 H_2O = Al_2O_3 \cdot 3CaO \cdot 3CaSO_4 \cdot 30 H_2O$ ” tepkimesi sonucu ortaya çıkan 30 molekül su nedeniyle büyük bir hacim artışı ve betonda parçalanmalar oluşur. Sülfatça çok zengin sular ayrıca,  $Ca(OH)_2$  üzerinde aşağıdaki gibi etkili olur ve; “ $Ca(OH)_2 + SO_4 + 2H_2O = CaSO_4 \cdot 2 H_2O + H_2O$ ” tepkimesi ile bir hacim genişlemesi oluşur, sonunda beton zarar görür. Ancak durgun suların sülfat açısından betona etkisi azdır ve tepkime bir süre sonra sona erer. Alüminli çimentolarda ise sülfatın Zararlı bir etkisi bulunmamaktadır. İnceleme alanındaki tüm sulara sülfat miktarı 22,8 ile 1,1 mg/l arasında değişmekte ve bu nedenle pratik olarak betona etkimesi söz konusu değildir.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

“Ergene Havzası, Çorlu–Çerkezköy Arasındaki Kesiminin Hidrojeolojisi” konulu bu araştırmada 1412 km<sup>2</sup> lik bir bölgenin jeolojisi, hidrojeolojisi, bölgedeki akiferin hidrojeolojik özellikleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Bölgede birçok araştırmacı ve kurum tarafından aynı litolojik birimlere farklı isimler verilmiştir. Bu durum karışıklığa yol açmaktadır. Bu çalışmada formasyonlara verilen adların yanal eşleşmeleri yapılarak anlaşılabilirlik sağlanmış ve tezde MTA tarafından kullanılan formasyon isimleri esas alınmıştır (Tablo 4.1).

2. Araştırma alanında gerçekleştirilmiş olan sondajların verilerinden ve yüzey jeolojisi gözlemlerinden hareketle bölgenin jeoloji panel diyagramı hazırlanmıştır. Bu panel diyagram yardımı ile jeolojik ve hidrojeolojik açıdan önem arz eden metamorfik temele ait birimler ile bunları uyumsuz olarak üstleyen diğer formasyonlarının stratigrafik ilişkileri üç boyutlu bir şekilde ortaya konmuştur (Şekil B.1, 2, 3, 4).

3. Panel diyagramdan yararlanılarak akifer niteliği gösteren Ergene Formasyonunun (Tme) taban topoğrafyası ve eş kalınlık haritası hazırlanmıştır. Buna göre Ergene Formasyonu kuzeydoğusunda da 100 m, araştırma alanı ortasında 700 m, ve güneybatısında ise 800 m (maksimum kalınlık) kalınlığa ulaştığı görülmektedir (Şekil B.4).

4. Hazırlanan jeoloji haritası, jeoloji panel diyagramı ve sondaj verilerinden hareketle mevcut formasyonların permeabilite değerlerinden yararlanılarak Çorlu–Çerkezköy alanının jeohidrolik ortam tanımları yapılmıştır. Bu sınıflama esas alınarak akiferin inceleme alanındaki kesiminin hidrojeolojik haritası ve panel diyagramı hazırlanmıştır (Şekil B.5, 6). Permeabilite değerlerine göre (Öztaş, 1998), geçirimli ortam, yarı geçirimli ortam, yarı geçirimsiz ortam, geçirimsiz ortam şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu durumda Trakya Formasyonu ve Ergene Formasyonları

geçirimli ortam (Gç), İslambeyli Formasyonu, Kırklareli Kireçtaşı, Pınarhisar Formasyonu ve Sinanlı Formasyonu yarı geçirimli ortam (gç), Tekedere Grubu, Kızılağaç Metagraniti ve Karatepe Bazaltı yarı geçirimsiz ortam (gz), Danişmen Formasyonu ise geçirimsiz ortam (Gz) özelliği göstermektedirler. Bu birimlerin yayılım ve kalınlıkları esas alındığında Ergene Formasyonu bölgenin en önemli akiferini oluşturduğu, öte yandan geçirimsiz özellikteki Danişmen Formasyonunun ise bu akiferi tabandan sınırladığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre bölgede Ergene havzasının tamamını kapsayan, yanal ve düşey sürekliliği olan tek bir ana akifer mevcuttur.

5. Ergene akiferinin Çorlu-Çerkezköy arasında kalan kesiminde, akiferden pratik olarak hiç çekimin yapılmadığı 1969 yılına ait meteorolojik ve akım-gözlem istasyonlarının debi ölçümleri esas alınarak bu akiferin hidrolik katsayıları (K, T, S) hesaplanmıştır. Bu tarih ve öncesinde akiferin Çorlu ve Ergene derelerini beslediği Italconsult, 1970 kayıtlarından anlaşılmaktadır. Sonuç olarak akiferin permeabilite (K), değeri;  $1.3 \times 10^{-4}$  m/sn, Transmissibilite (T), değeri; 0,084 m<sup>3</sup>/sn/m, Depolama Katsayısı (S), değeri ise 0,104 olarak bulunmuştur.

6. 1976 yılında Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinin kurulması ile birlikte akiferden su çekimi giderek artmıştır. 1969 yılında statik su seviyesi 32 m dolayında iken, bu seviye 1982 de 44 m ye, 1992 de 50 m ye, 2002 de ise 80 m ye düştüğü görülmektedir. Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinden sonra sanayileşme etkinliği özendirilen Çorlu bölgesinde ise yine benzeri durum gözlenmektedir. Marmaracık gözlem kuyusu verilerine göre, statik su seviyesinin 1969 yılında 17 m, 1982 yılında 19 m, 1992 yılında 25 m ve 2002 yılında ise 37 m ye indiği dikkat çekmektedir. Benzeri sonuçlar daha güneyde bulunan Sevindikli kuyusunda da gözlenmektedir. Bu kuyuda, 1969 yılında 25 m ölçülen statik su seviyesi, 1982 yılında 30 m ye, 1992 yılında 35 m ye ve 2002 yılında ise 70 m ye düşmüştür. Daha önce akifer tarafından beslendiği bilinen Çorlu Deresinin, aşırı çekime bağlı su seviyesi düşümü nedeniyle 1992–2002 arasındaki on yıllık dilimde akiferin en kalın olduğu Marmaracık profili dışında tersine dönerek akiferi beslemeye başladığı anlaşılmaktadır.

7. Çorlu-Çerkezköy arasındaki akifer Ergene ana akiferinin bir parçasıdır. Diğer bir ifade ile bu akiferin beslenme alanı çok geniştir. Çorlu ve Ergene derelerinin yüzey drenaj alanı ile sınırlı inceleme bölgesinde 2002 yılı meteorolojik verilerinden

hareketle akış yüksekliği yağış yüksekliğine oranlanarak sızma katsayısı hesaplandığında, 1412 km<sup>2</sup> lik bu beslenme alanından yeraltına sızma yolu ile yağıştan kaynaklanan yıllık toplam beslenme miktarı 55 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> dolayında olduğu anlaşılmaktadır. Yeraltı su seviyesinde yıllara bağlı olarak tespit edilen düşümün verilerinden yola çıkıldığında araştırma alanındaki yıllık su çekiminin yıllık beslenimden daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır.

8. Ergene Havzası ve onun doğal bir uzantısı olan Çorlu-Çerkezköy kesiminde akiferi oluşturan Trakya ve Ergene Formasyonlarının geçirimsizlik değerleri yüksektir. Birer kirlilik odağı durumundaki Çorlu ve Çerkezköy dereleri bu geçirimsiz birimler içinde yataklarını oluşturmuşlardır.

9. Su kalitesini incelemek amacıyla Çorlu ve Ergene dereleri akış ekseninde bir örnek toplama ağı oluşturulmuştur. Su örnekleri bu ağın düğüm noktalarına rastlayan ve Ergene Formasyonundan su alan kuyulardan aylık periyotlar ile alınmıştır.

10. Alınan su örnekleri üzerinde toplam anyon, katyon ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Schoeller içilebilirlik, ABD tuzluluk, Wilcox, Piper, Schoeller ve Gibbs diyagramlarına yerleştirilerek yorumlanmıştır. Alınan örneklerin tamamının içilebilir nitelikte olduğu ve kalite açısından üç ayrı sınıfta olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde bu suların sulama suyu olarak alkali tehlikesi yaratmadan kullanılabileceği, ancak tuzluluk tehlikesinin orta-yüksek olması nedeniyle drenajı kötü olan arazilerde kullanılırken zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerektiği saptanmıştır. Çorlu ve Ergene derelerinden alınan sular ise sulama suyu açısından kullanılamaz durumda oldukları görülmüştür. Piper diyagramında suların katyon oranlarına göre GK-01 ve GK-05 dışındaki tüm sular Ca<sup>+2</sup> lu GK-01 ve GK-05 in ise Ca<sup>+2</sup> ve Mg<sup>+2</sup> lu sular alanında yer alırken anyon oranına göre tüm örnekler HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>lu sular alanına dağılmıştır. Paralelkenar diyagramda ise örneklerin çoğunlukla 5. bölgede toplandığı gözlenmiştir. Bu bölgedeki suların karbonat sertliği %50 den fazla olup CaCO<sub>3</sub> ve MgCO<sub>3</sub> lu sulardır. Aynı akiferden alınmasına rağmen su kalitesinde gözlenen bu farklılık Ergene Formasyonu içinde merccekler halinde tekrarlanan ve su sondajları tarafından kesilen farklı litolojilerden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Schoeller diyagramında ise yeraltısuyu örneklerine ait iyon değerlerini birleştiren doğruların uyumlu olması, bu suların aynı akifere ait olduğunu göstermektedir. Araştırma alanına ait

hidrojeolojik panel diyagram ile tanımlanan modeli, bu sonuçlar da desteklemektedir. GN-01 (Çorlu deresi) ve GN-02 (Çorlu deresi) örneklerindeki yüksek Cl içeriği ise suların dışarıdan kirletildiğini gösterir (Şahinci, 1968). Buna karşılık, GN-03 (Ergene deresi) örneğindeki Cl içeriğinin düşük olması örneğin ait olduğu Ergene nehrinin kirliliğinin diğer örneklerin alındığı Çorlu Deresine göre temiz olduğunu göstermektedir. Su örneklerin Gibbs diyagramına uyarlanması sonucu suların “Kayaç Baskın” bölgeye düştüğü görülmüştür. Bu da incelenen suların, kimyasal bileşimlerini etkileyecek kadar uzun süre havzadaki kayalar ile temas halinde olduğunu göstermektedir. Analizi yapılan su örneklerinin alındığı GK-5-8-9 nolu kuyular dışındaki GK-1-2-3-4-6-7 nolu kuyularda Cd, Cr ve Pb değerleri TS, EPA ve WHO sınır değerlerini aşmaktadır. Anılan bu kuyular hidrolik eğim yönünde yer alan havzanın çukur şeklini aldığı ortasında yer almaktadır (Şekil B.15).

11. Araştırma alanındaki kuyulara ait sulardaki Ca ve Mg bileşiklerinden ileri gelen ve suların içilebilirlik özelliğine etki eden Fransız sertlik değerleri 13,3 ile 54,5 arasında değişmektedir, GK-02, GK-03, GK-05, GK-06, GK-09 kuyuları “az sert” sular sınıfına girerken, GK-04, GK-08 “oldukça sert”, GK-01, GK-07, kuyularındaki sular ise “sert” sular sınıfına girer.

12. Elektriksel iletkenlik haritaları, yeraltı sularında çözülmüş tuz miktarı ile orantılıdır ve sulama suları için bir kriterdir. İncelenen örneklerde elektriksel iletkenlik değerleri 1448 ile 347 mmho/cm arasında değişir. Şekil B.9 incelendiğinde, araştırma alanında Çerkezköy’ ün kuzeyinde Kapaklı kesimi ile orta kesimde Vakıflar, Sarılar, Çorlu arasındaki bölgedeki suların 750 mmho/cm üzeri değerler ile kullanılabilir sınıfına girerken, bu alanların dışındaki alanlarda 750 mmho/cm den düşük değerler ile sulama için iyi sular sınıfına girmektedir (Şekil B.17).

13. Sulama suları için bir diğer kriter olan klorür açısından araştırma alanındaki tüm sular 4 meq/l den küçük değerlere sahiptir 2,33 ile 0,34 meq/l arasında değişen bu değerlere göre sular “Çok iyi” sular sınıfına girer. Bir diğer kriter olan sülfat açısından araştırma alanı klorür ile benzer özellikler göstererek 0,46 ile 0,02 meq/l arasında değişirler. 4 meq/l den küçük değerlere sahiptirler ve “Çok iyi” sular sınıfına girerler.

14. Suların köpürmesi, kaynama sırasında su yüzeyinde biriken köpüklerden meydana gelir. Bu olayda su fişkırmaları ve önemli su seviye değişimleri, buharlaşmayı, kazan sistemlerini olumsuz yönde etkiler. Suların kaynarken köpürmesine neden su yüzeyinde sodyum ve potasyum tuzlarınca çok zengin bir zar tabakasının meydana gelmesidir. Vakıflar kesimindeki suların “Kaynarken Çok Köpüren” sular, Çorlu kesimindeki suların “Kaynarken Köpüren Sular” sınıfına girdiği, diğer kesimlerdeki suları ise “Kaynarken Köpürmeyen” sular sınıfına girmektedir (Şekil B.16).

15. Araştırma alanındaki tüm sulardaki sülfat miktarı 22,8 ile 1,1 mg/l arasında değiştiği için pratik olarak beton üzerinde olumsuz etkimesi yoktur.

16. Araştırma alanında bulunan sanayi kuruluşları gereksinimleri nedeniyle pH aralığı 6-7 olan yeraltısuyu kullanmak durumundadır. Bununla beraber su seviyesi düşümlerinin yağışa rağmen devam ettiği saptanmıştır. Yeraltı su seviyesindeki düşüm nedeniyle kuyulardaki pompaların seviyeleri düşen su seviyesine göre tekrar konumlandırılmak zorunda kalmaktadır. Derindeki pompaların daha fazla enerji tüketmesi nedeniyle bu durum zaman ve para kaybına yol açmaktadır. Yeraltı su seviyesindeki düşümlerin önüne geçilebilmesi için kısa vadede çekimlerin azaltılıp planlanması, uzun vadede ise yapay beslenmeyi arttıracak planların yapılması gerekmektedir. Ergene ve Çorlu derelerinin akiferi besler duruma gelmesi yeraltısuyu beslenimi için olumlu bir durum iken, anılan akarsulardaki kirlilik akifer için aynı zamanda kirlilik kaynağıdır. Bu nedenle anılan akarsulara atılan proses sularının arıtımının etkili bir şekilde yapılması, hem akarsuların kirlilik düzeyini azaltacak, hem de akiferin beslenmesini sağlayarak azalan yeraltısuyu rezervini arttıracaktır.

17. Araştırma alanındaki tekstil ve deri sanayi fabrikalarında üretim sırasında yardımcı madde olarak kullanılan aşındırıcılar ve boya ürünleri, krom, kadmiyum ve kurşun içermektedir. Ergene ve Çorlu Dereleri kurşun değerleri açısından su kirliliği kontrol yönetmeliğinin kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri ile karşılaştırıldığında (tablo 6.3) izin verilen 50 µg/l değerinin üzerinde olduğu görülür. Derelerin üzerinde aktığı Ergene Formasyonuna ait yarı geçirimsiz (gz) ortamın kirleticileri düşey yönde iletebileceği göz önüne alınırsa, kurşun kirliliğinin muhtemel kaynağı ortaya çıkmış olur. Araştırma alanında yapılan su kimyası

analizleri sonucunda gözlenen Cr, Cd ve Pb kirliliği için önlem alınması gereklidir. Sadece GK-07 kuyusunda gözlenen Nitrat kirliliği, kuyu yakınındaki hayvan barınaklarındaki düzensiz hayvan gübresi depolanması sonucu, geçirimli ortam nedeniyle yeraltısuyuna karışması sonucu ortaya çıkmış olması muhtemel nedendir. Bu nedenle ileride tüm havzada oluşabilecek Nitrat kirliliğinin önlenmesi için hayvan gübreleri için düzenli depolama ortamları hazırlanmalıdır.



## KAYNAKLAR

- Alatlı, E.**, 1983. Stratigrafi Adlama Kuralları. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü yayınları, Ankara.
- Arkoç, O., Uymaz, A.K., Candeğer, O.**, 2001. Water quality and heavy metal contamination of drinking water wells in Ergene basin, *4th Int. Conference of the Balkan. Environmental Association*, 18-21 Ekim 2001, 112-113.
- Ayhan, A., Dinçel, A., Tuğrul, Y.**, 1972. Istranca Masifinin (Yıldız Dağları) Jeolojisi: MTA Derleme no. 5130 (Yayımlanmamış).
- Aykol, A.**, 1979. Kırklareli-Demirköy sokulumunun petroloji ve jeokimyası, *Doçentlik tezi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi.
- Bürküt, Y.**, 1966. Istranca kristalin masifinin petrojenezi, *Madencilik*, **13**, 5,4-11.
- Bomogolov, G. V.**, 1978. Artificial Refilling of Groundwater Resources, Publishing House, Nokua-Moscow.
- Cassagrande, A., Fodum, R. E.**, 1940, Notes on Soil Testing for Engineering Purposes. London.
- Castany, G.**, 1969. Yeraltısuyu hakkında pratik uygulamalar. Tercüme, Karacadağ, K., DSİ, Ankara.
- Çağlayan, M. A., Yurtsever, A.**, 1998. *1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları*, No. 20, 21, 22, 23, MTA, Ankara.
- Çengel, Ş.**, 1982. Istranca masifi, Kırklareli-Demirköy-Evrenkule sahası 1/10.000 ölçekli detay jeoloji raporu: MTA Çorlu bölgesi derleme no. 254.
- Çopuroğlu, M.**, 1997. İstanbul-Silivri- Kavaklı Havzasının ve dolayının hidrojeolojik incelemesi, *Yük. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Denkel, M.**, 1955. Edirne-Lalapaşa-Vaysal Köyü kurşun madeni: MTA derleme no.2814.
- DSİ**, 2003. Ergene Havzası Hidrojeoloji raporu, DSİ 11. Bölge Müdürlüğü, Edirne, 67s.
- Dumlu, O.**, 2004. Kişisel görüşme.

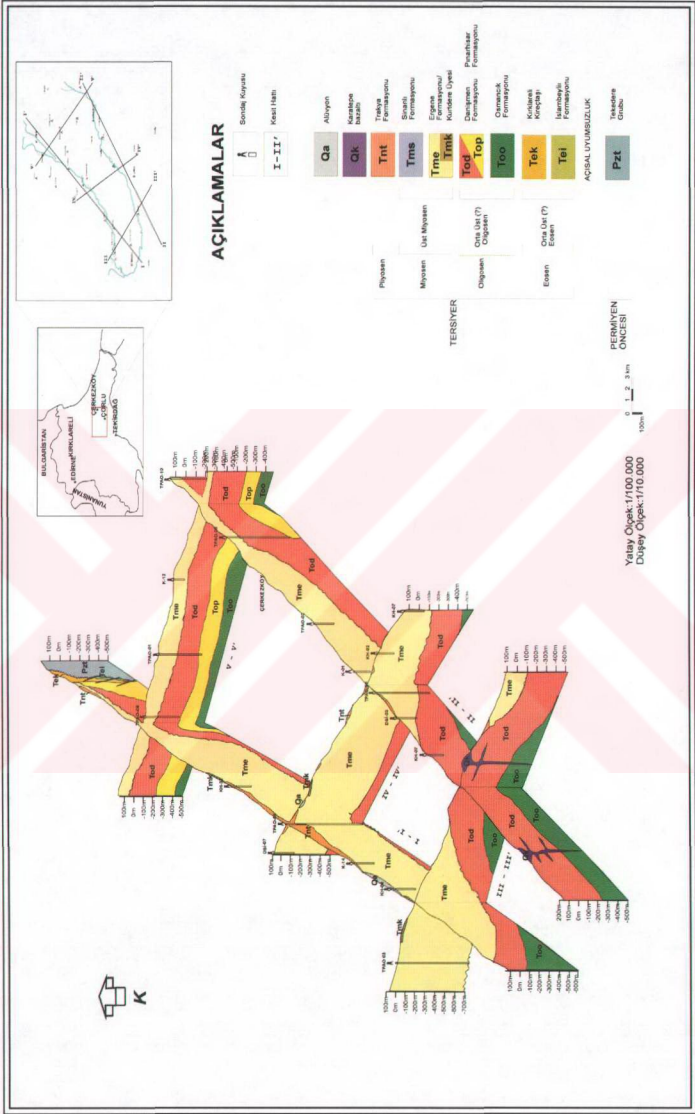
- Dumlu, O., Kaya, A., 1976.** Akarsu baz akımlarından faydalanılarak yeraltı suyu bilançolarının hazırlanması, *DSİ Teknik Bülteni*, **39**, 36-45.
- EPA, 2000.** EPA Standarts. <http://www.epa.gov/safewater/mcl.html>
- Erguvanlı, K., Yüzer, E., 1987.** Yeraltıları jeolojisi (Hidrojeoloji), İ.T.Ü. Maden Fakültesi yayını, İstanbul.
- Folk, R.L., 1959.** Practical Petrographic Classification of Limestones, American Association of Petroleum Geologists. New York.
- Gibbs, R.J., 1970.** Mechanisms controlling world water chemistry, *Science*, **170**, 1088-1090.
- Guimera, J., 1998.** Anomalously high nitrate concentrations in groundwater, *Groundwater*, **36**, 275-282.
- Hem, J.D., 1985.** Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters, *US Geological Survey Water Supply paper*, 2254:263.
- Hochstatter, F., 1870.** Die geologischen vernaltnise des östlichen, Theiles der Europäischen Türkei: Jb.K.K. Geol. Reichsanst 20Wien.
- Hudak, F., 2000.** Principles of Hydrogeology (second Edition), Lewis Publishers, USA.
- Italconsult, 1970.** Ergene havzasının jeolojik ve hidrojeolojik etüdü, DSİ Teknik Rapor, Edirne.
- İğdır, İ., Acar, H.B., 1978.** Kırklareli-Demirköy jeolojisine ait ön rapor: MTA Çorlu bölgesi derleme No.200 (Yayımlanmamış).
- Keskin, C., 1966.** Pınarhisar resif karmaşığı mikrofasiyes incelemesi: İstanbul Üniversitesi, Fen Fak. Dergisi, seri B, **31/3-4**,109-146.
- Lebküchner, R., F., 1974.** Orta Trakya Oligosen' inin jeolojisi hakkında, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, **83**, 1-29.
- Nolan, B.T., 2001.** Relating nitrogen sources and aquifer susceptibility to nitrate in shallow groundwaters of the United States, *Groundwater*, **39**, 290-299.
- Oren, O., Yechieli, Y., Böhlke, J.K., Dody, A., 2004.** Contamination of groundwater under cultivated fields in an arid environment, central Valley, Israel, *Journal of Hydrogeology*, **39**, 312-328.
- Özatar, A., 1988.** Pınarhisar (Kırklareli) Doğusunun Jeolojisi, İst. Üniv., *Yük. Lisans Tezi*.(Yayımlanmamış).

- Öztaş, T.** 1998. Kuyu yeri Seçimine yönelik bir hidrojeolojik etüt sistematğinde jeohidrolik ve hidrojeolojik ortam kavramlarının önemi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **52**, 5-16.
- Pamir, H. N., Baykal, F.**, 1947. Istranca masifinin jeolojik yapısı:MTA Derleme No. 2257 (Yayımlanmamış).
- Rajmohan, N., Elango, L.** 2005. Nutrient Chemistry of groundwater in an intensively irrigated region of southern India, *Environmental Geology*, **47**, 820-830.
- Şahinci, A.**, 1986. Yeraltı Suları Jeokimyası, DEÜ Matbaası, İzmir.
- Todd, D. K.**, 1980. Groundwater Hydrogeology. John Wiley and Sons. New York, NY.
- TS-266**, 1997. Sular-İçme ve Kullanma suları, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TÜ**, 2002. Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı, analitik rapor, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Turgut, S., Siyako, M., Dilki, A.**, 1983. Trakya havzasının hidrokarbon olanakları, *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, **4**, 35-46.
- Umut, M., Kurt, Z., İmik, M., Özcan, İ., Sarıkaya, H., Saraç, G.**, 1983. Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar alanının jeolojisi: MTA Derleme No.7349.
- WHO**, 1970. *European Standarts for Drinking Water (Second Edition)*, Geneva.

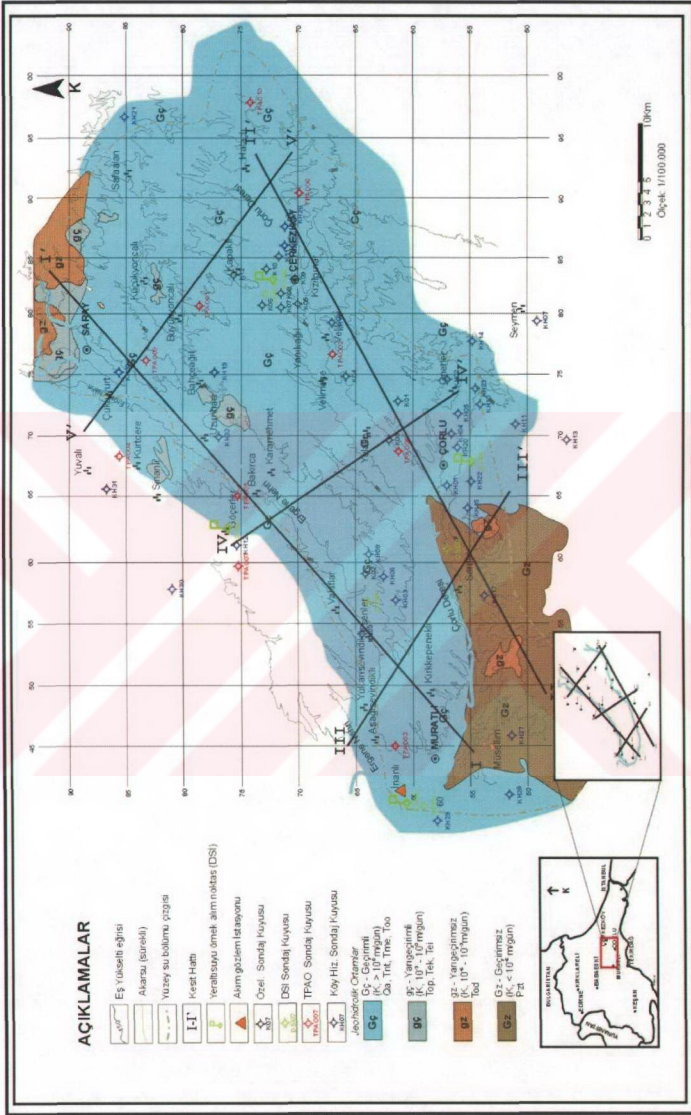


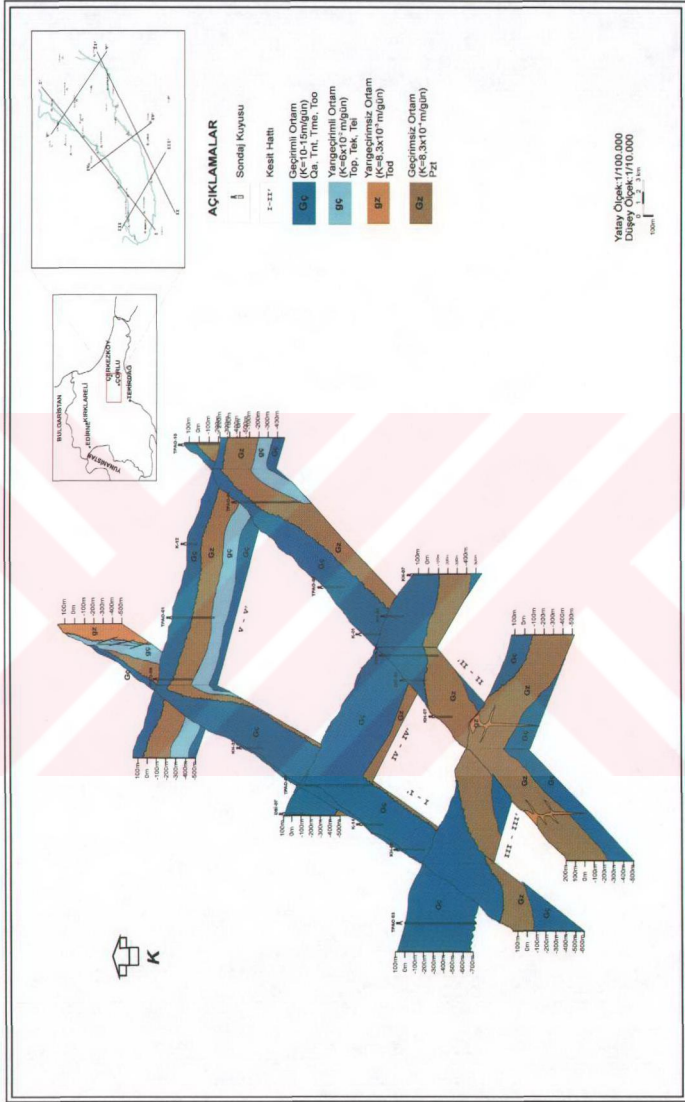




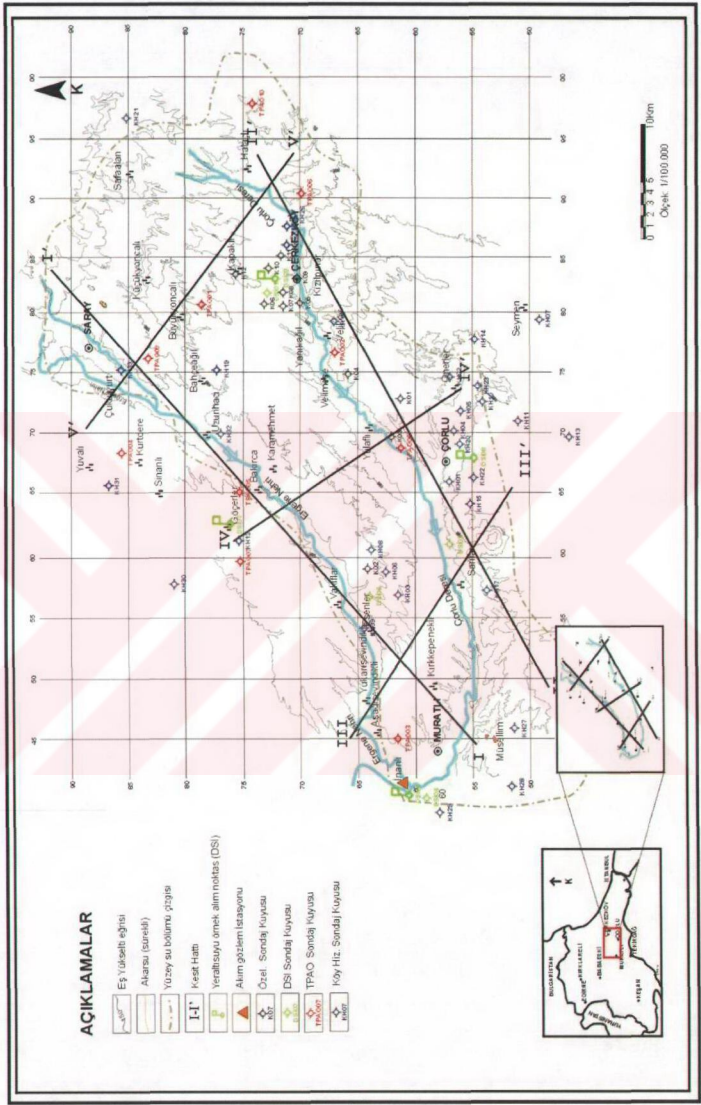


Şekil B.4 İnceleme alanı jeolojik panel diyagramı





Şekil B.6 İnceleme alanı jeolojik panel diyagramı



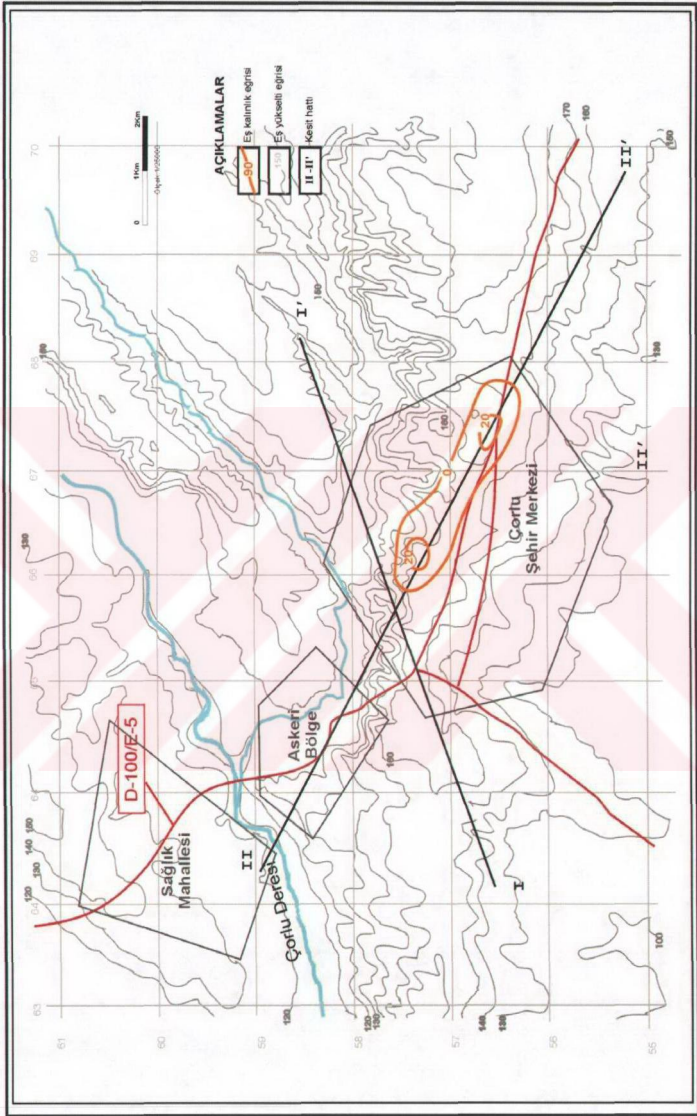






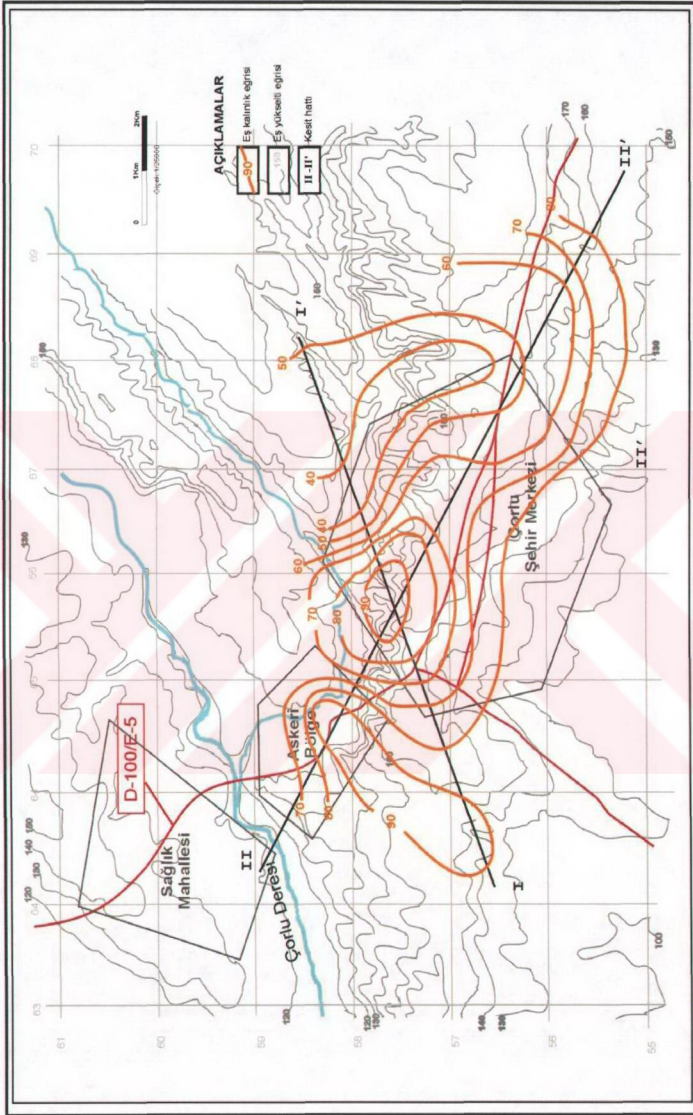






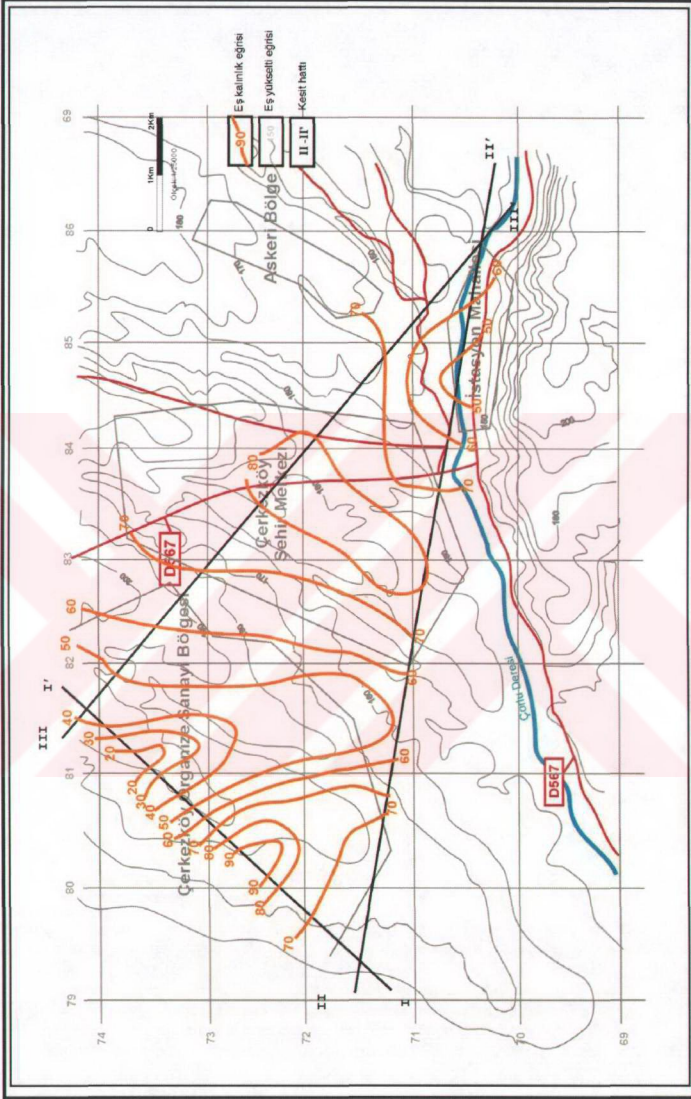
Şekil B.10c Çorlu bölgesi alt geçirmsiz ortam (Gz) eş kalınlık haritası



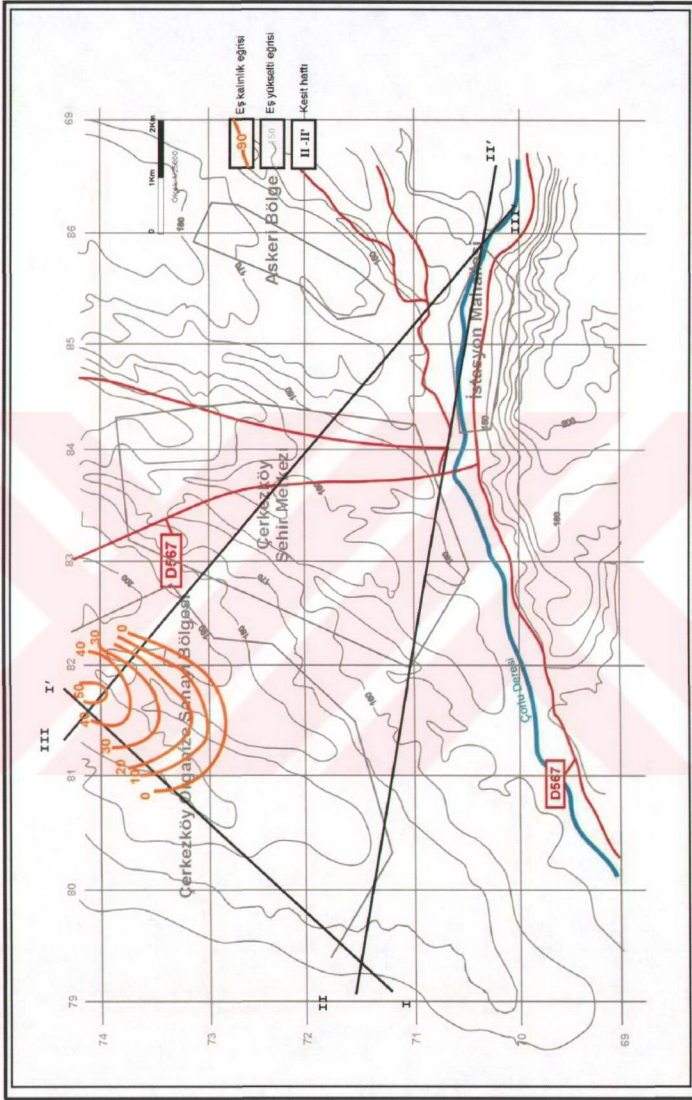


Şekil B.10e Çorlu bölgesi alt yarı geçirimsiz ortam (gz) eş kalınlık haritası

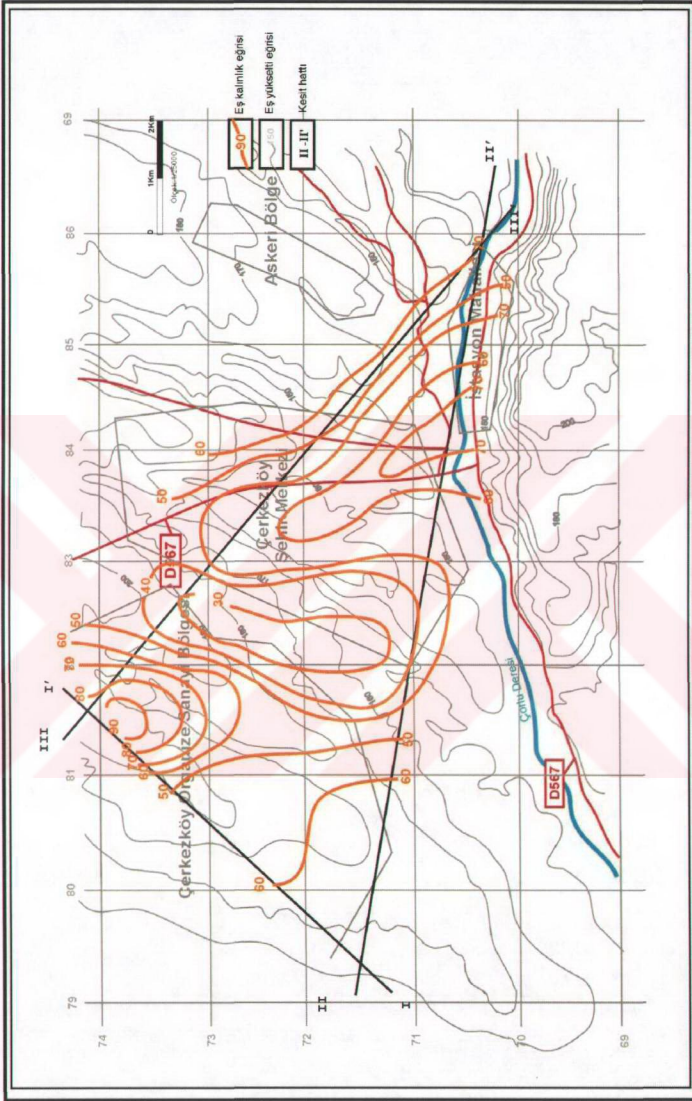




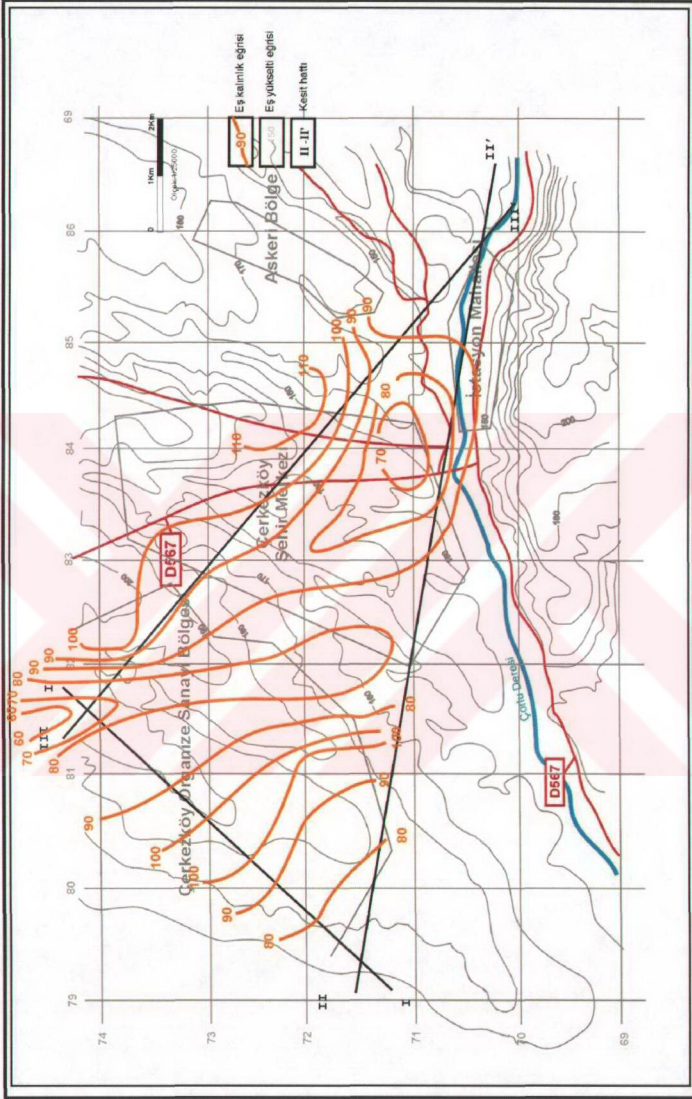
Şekil B.10a Çerçenköy bölgesi alt yarı geçirimli ortam (gç I) eş kalınlık haritası



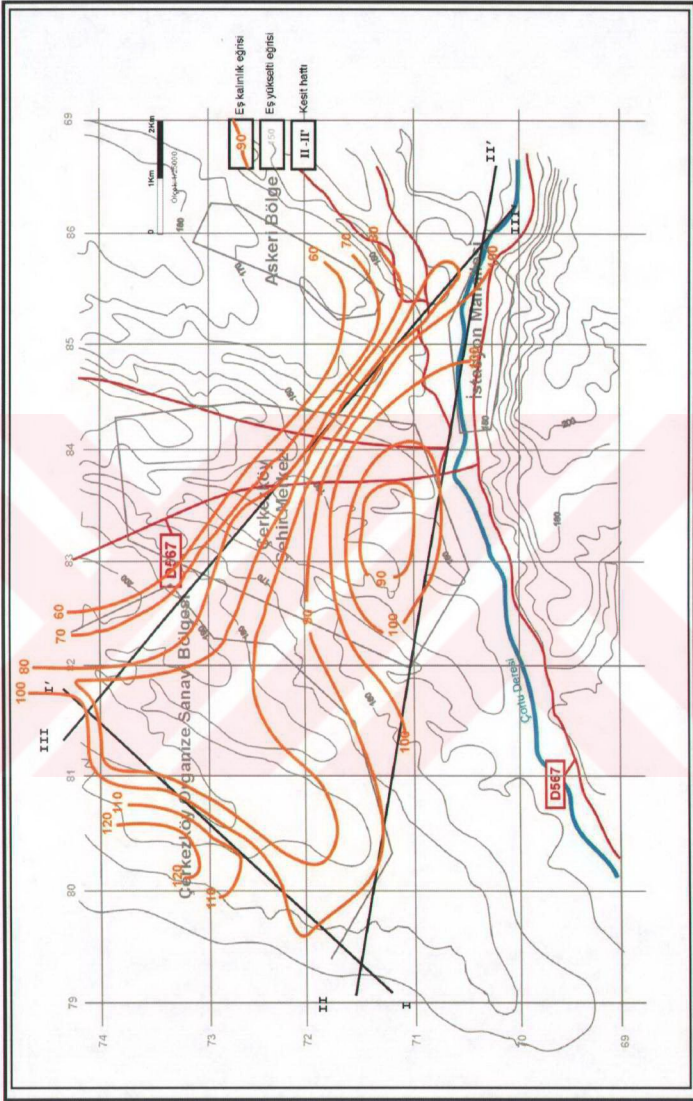
Şekil B.12b Çerkezköy bölgesi alt geçirimli ortam (Gç1) eş kalınlık haritası



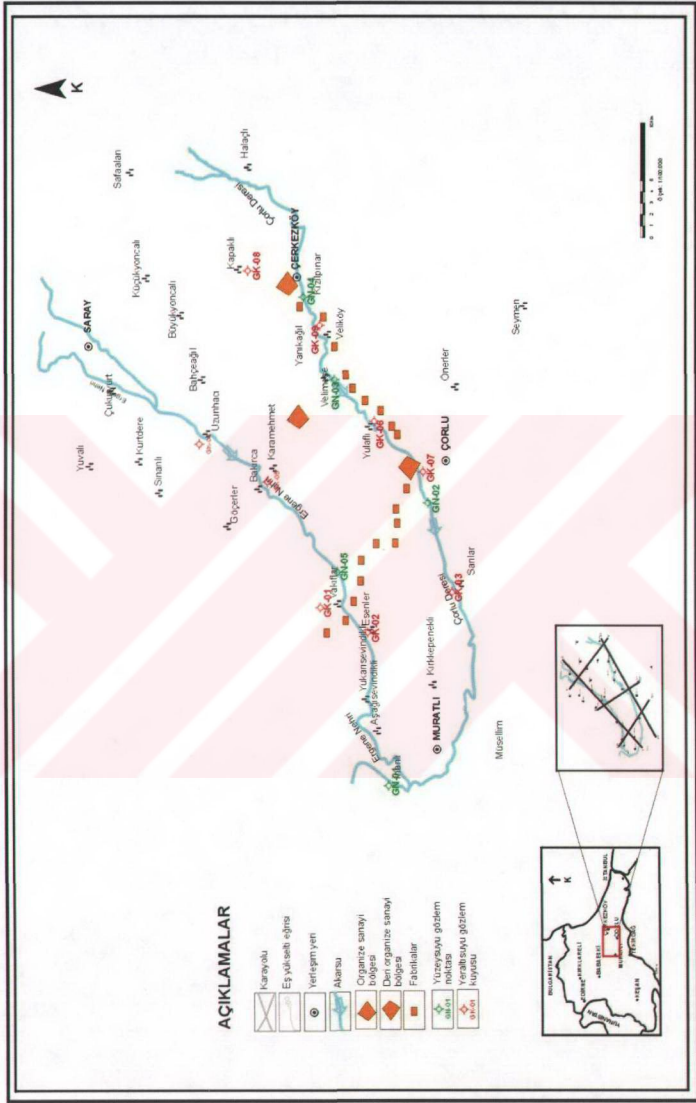
Şekil B.12c Çerkezköy bölgesi alt geçirimli ortam (Gç2) eş kalınlık haritası



Şekil B.12d Çerkezköy bölgesi alt yapı geçirimli ortam (gc2) eş kalınlık haritası

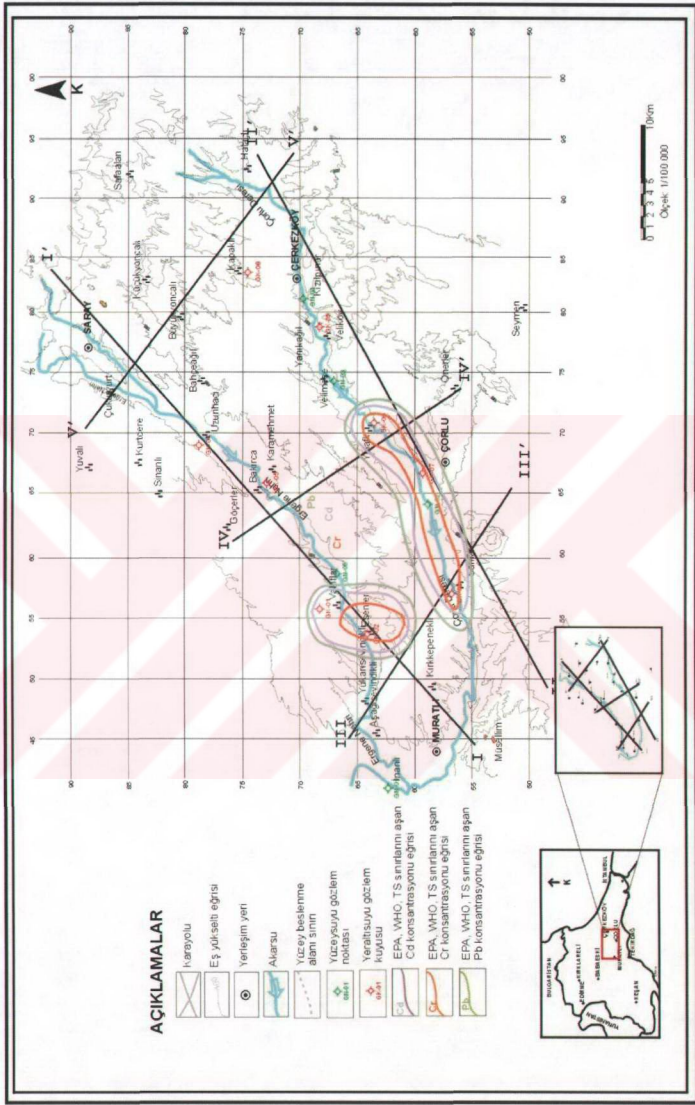


Şekil B.12e Çerkezköy bölgesi alt yarı geçirimsiz ortam (gz) eş kalınlık haritası



Şekil B.13 Yeraltı suyu ve yüzey suyu örnekleme noktaları haritası





Şekil B.15 EPA, WHO, TS sınır değerlerini aşan metal konsantrasyonları eş dağılım haritası (Eylül 2003)





## AÇIKLAMALAR

### Litoloji



Killi, Silt



Killi, Kum



Kum+Kil Ardalanması



Çakıllı, Kum



Kil



Kireçtaşı



Bazalt

### Jeohidrolik Ortam



Geçirimli Ortam



Yarı Geçirimli Ortam

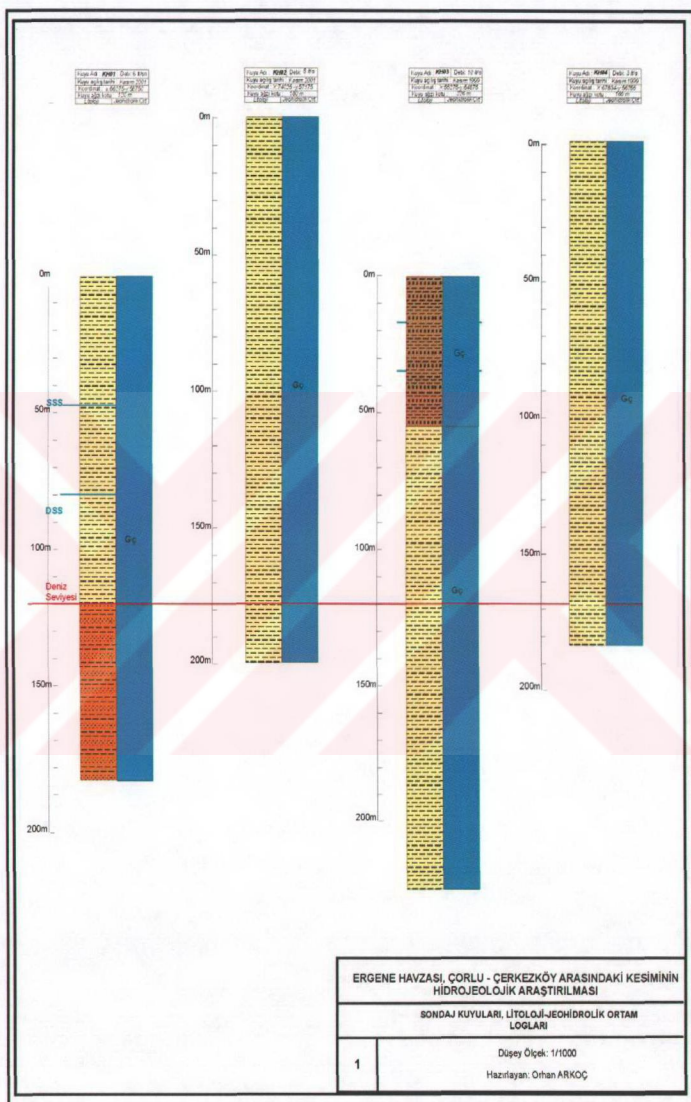


Yarı Geçirimsiz Ortam

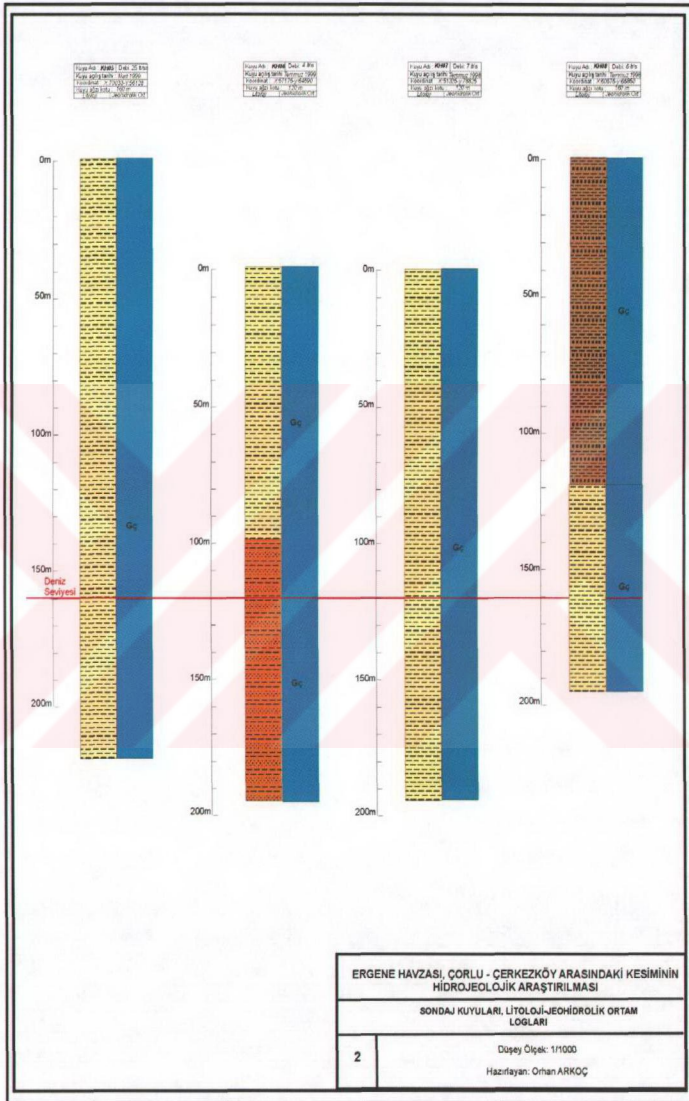


Geçirimsiz Ortam

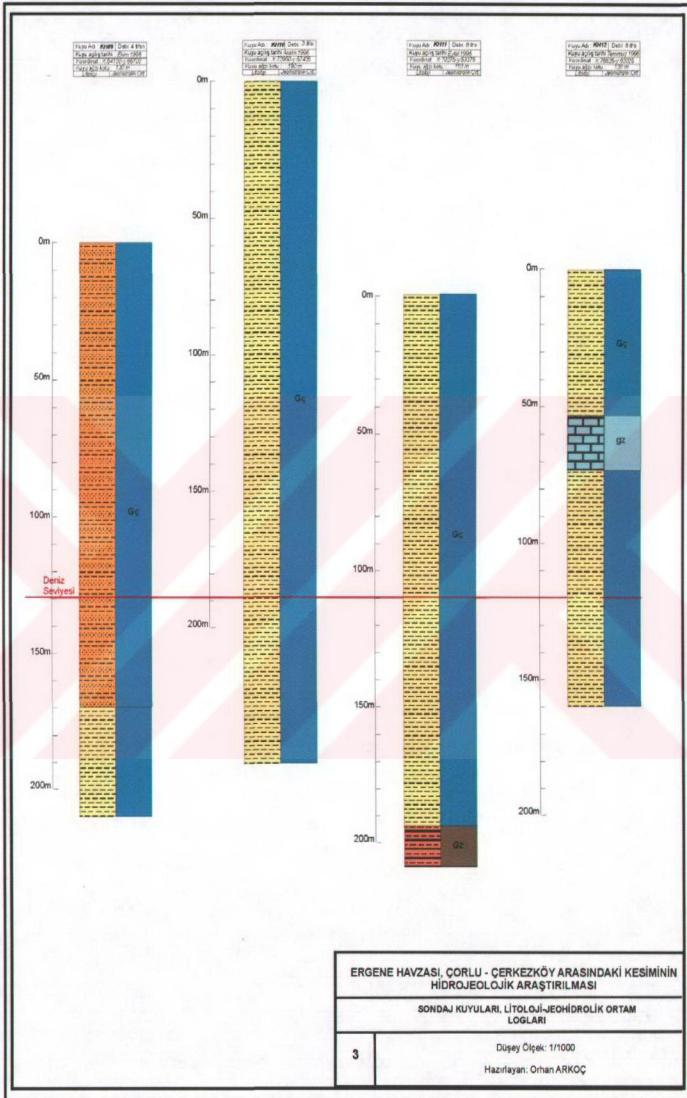
Şekil B.18 Sondaj kuyuları litoloji-jeohidrolik ortam logları açıklamaları



Şekil B.19 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

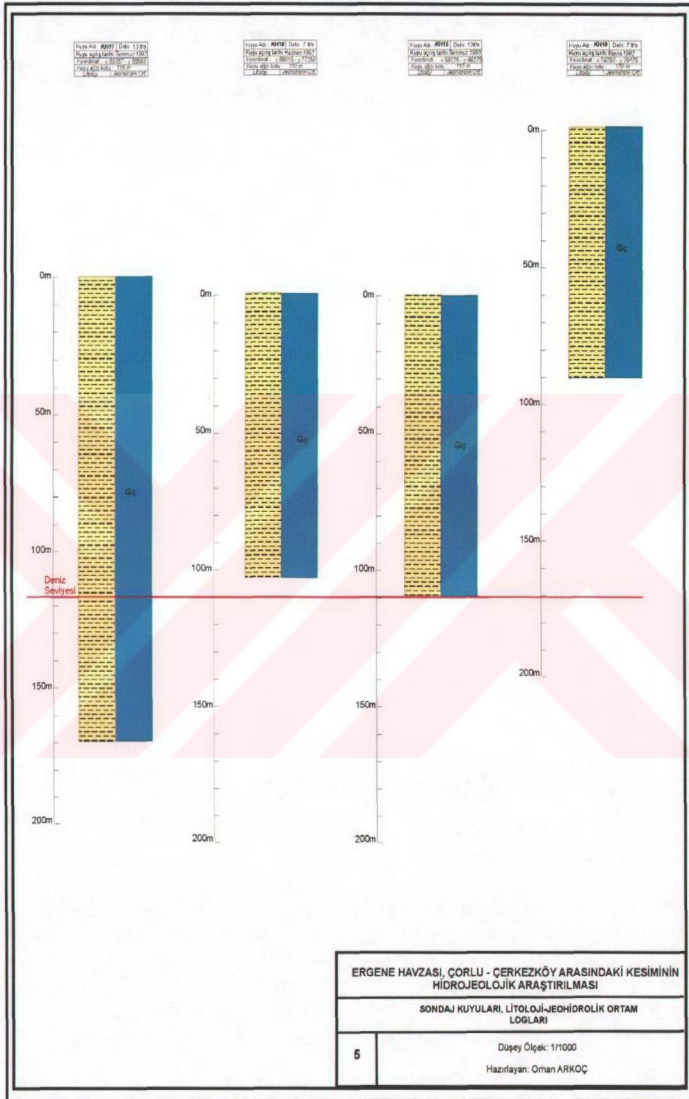


Şekil B.20 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

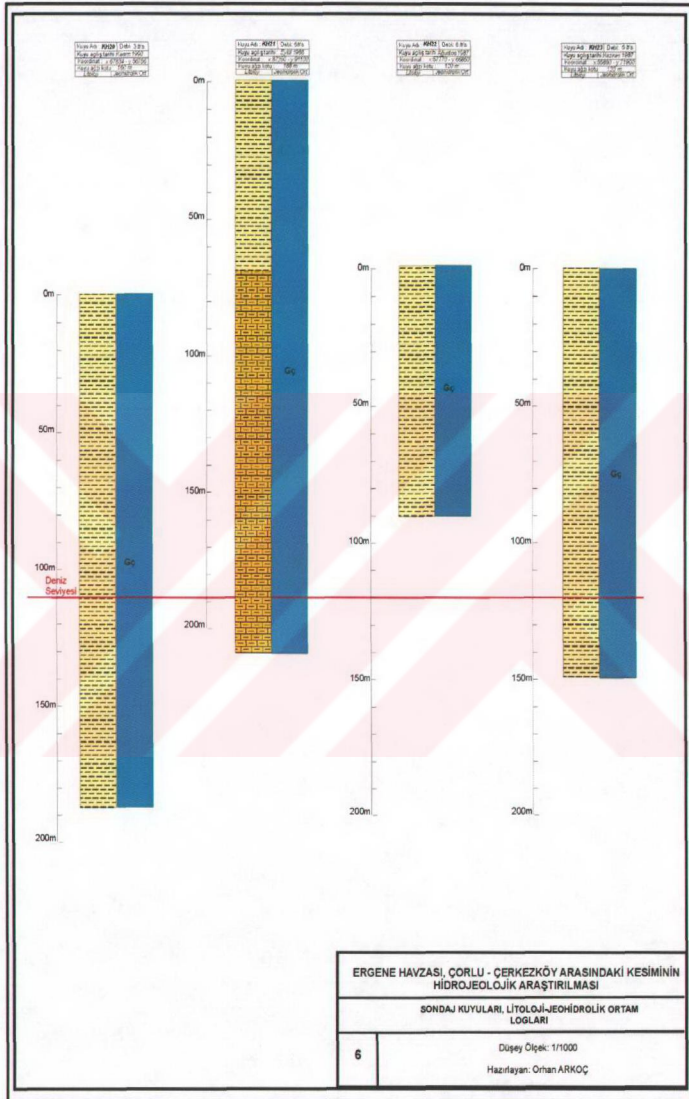


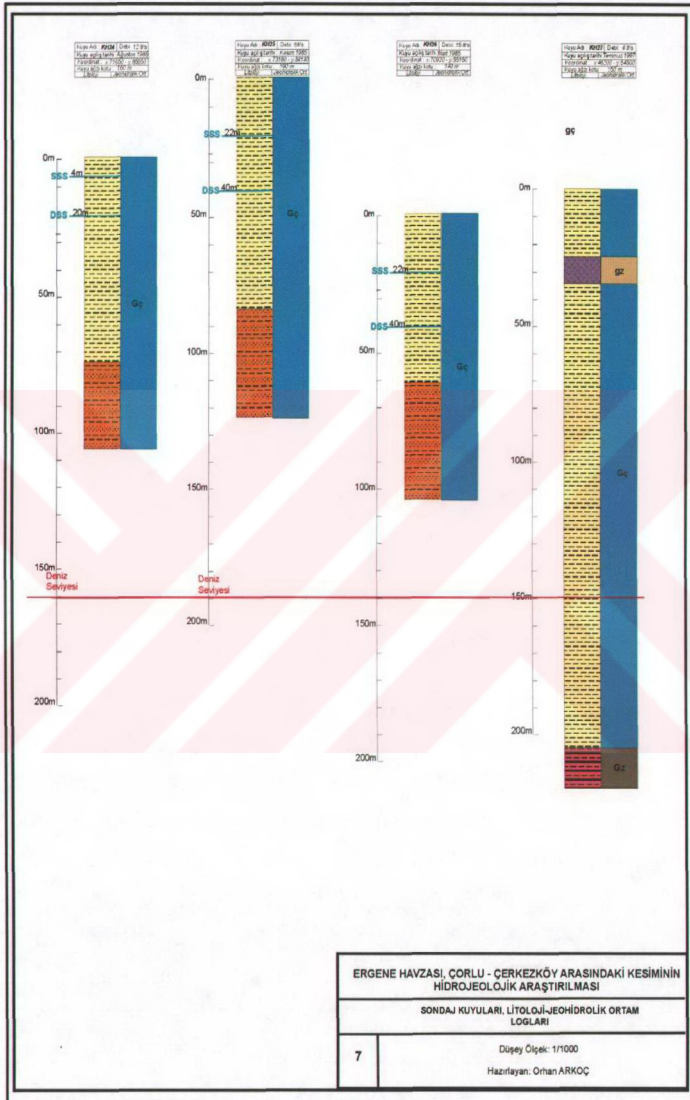
Şekil B.21 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları





Şekil B.23 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları





Şekil B.25 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

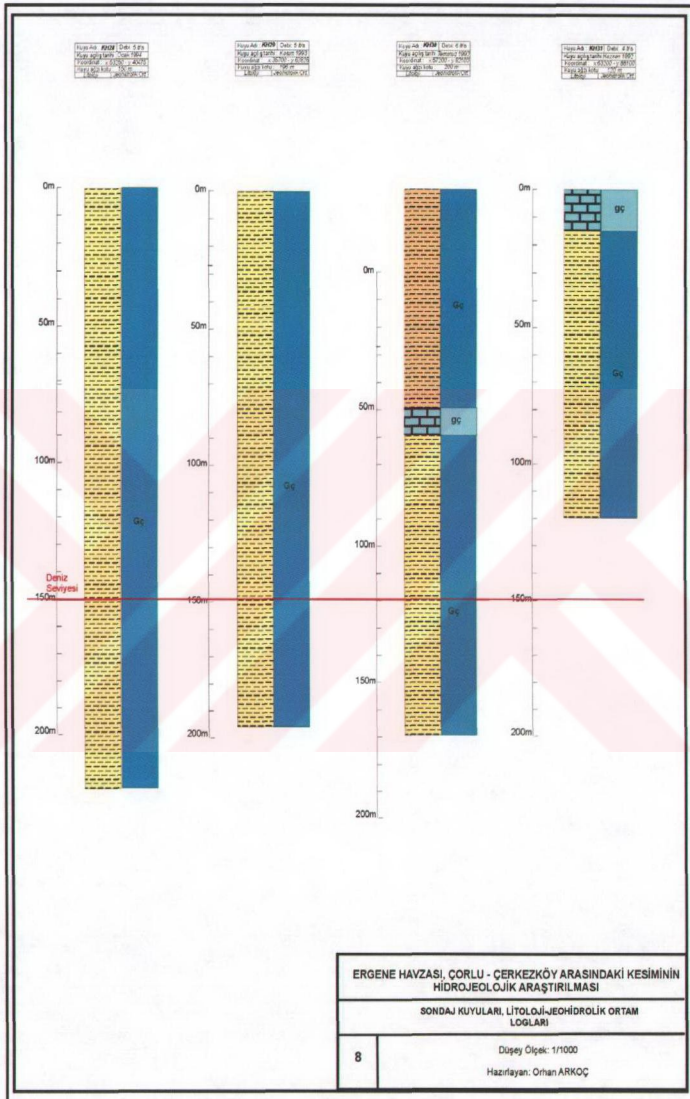
ERGENE HAVZASI, ÇORLU - ÇERKEZKÖY ARASINDAKİ KESİMİNİN  
HİDROJEOLOJİK ARAŞTIRILMASI

SONDAJ KUYULARI, LİTOLOJİ-JEOHİDROLİK ORTAM  
LOGLARI

7

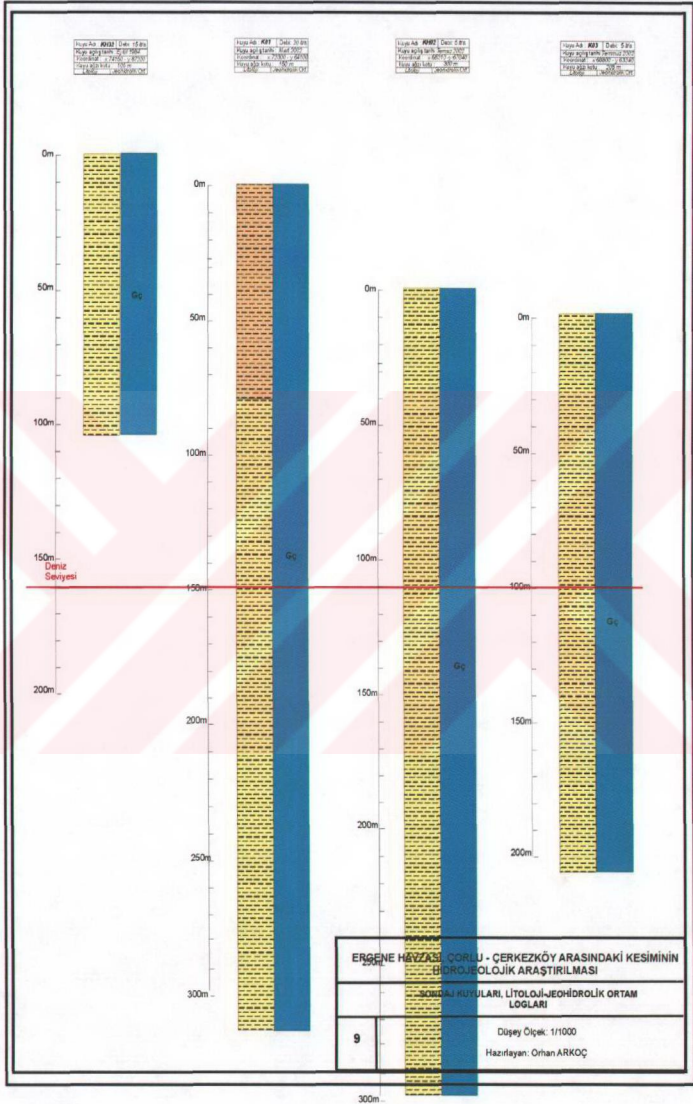
Düşey Ölçek: 1/1000

Hazırlayan: Orhan ARKOÇ

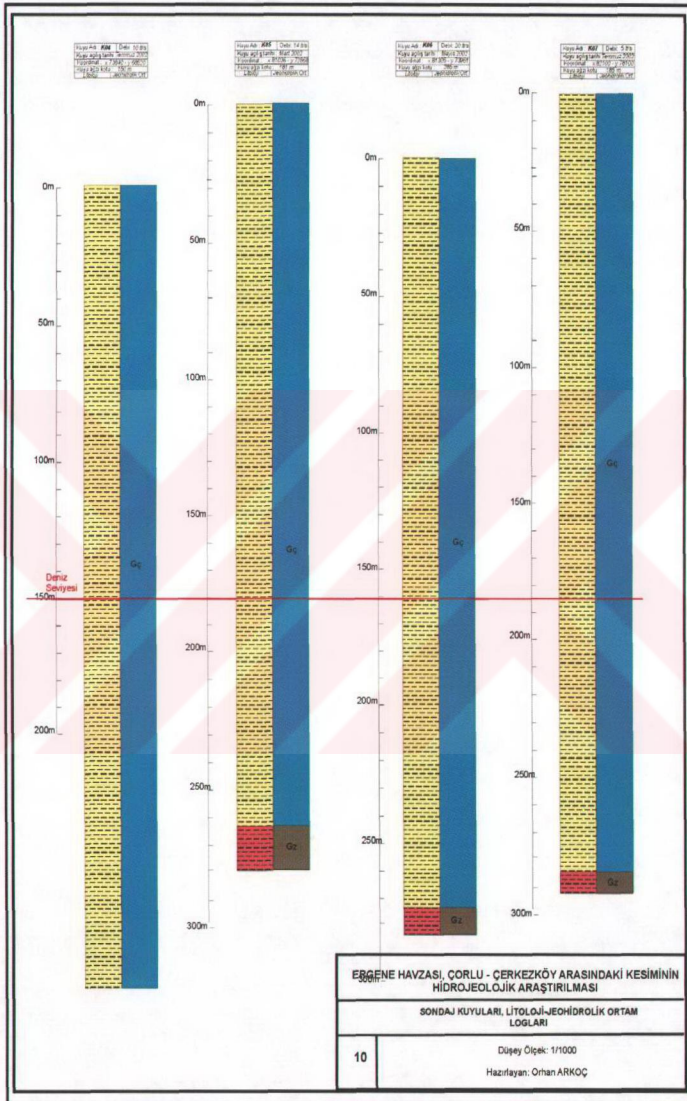


Şekil B.26 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

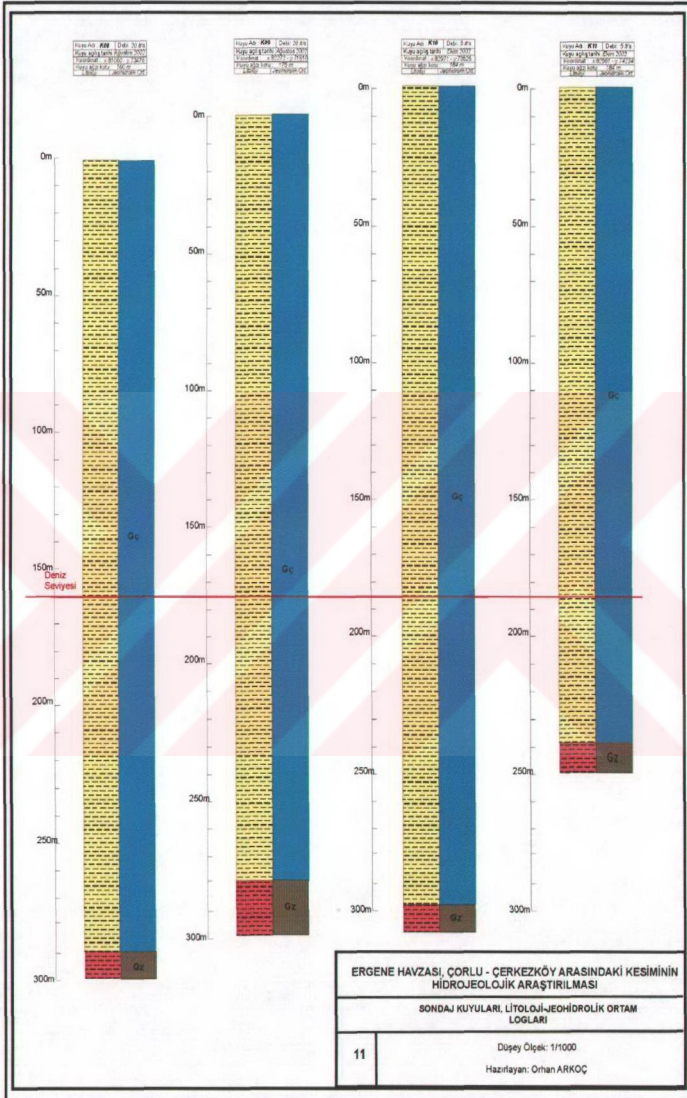
ERGENE HAVZASI, ÇORLU - ÇERKEZKÖY ARASINDAKİ KESİMİNİN HİDROJEOLOJİK ARAŞTIRILMASI	
SONDAJ KUYULARI, LİTOLOJİ-JEOHİDROLİK ORTAM LOGLARI	
B	Düşey Ölçek: 1/1000 Hazırlayan: Orhan ARKOÇ



Şekil B.27 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

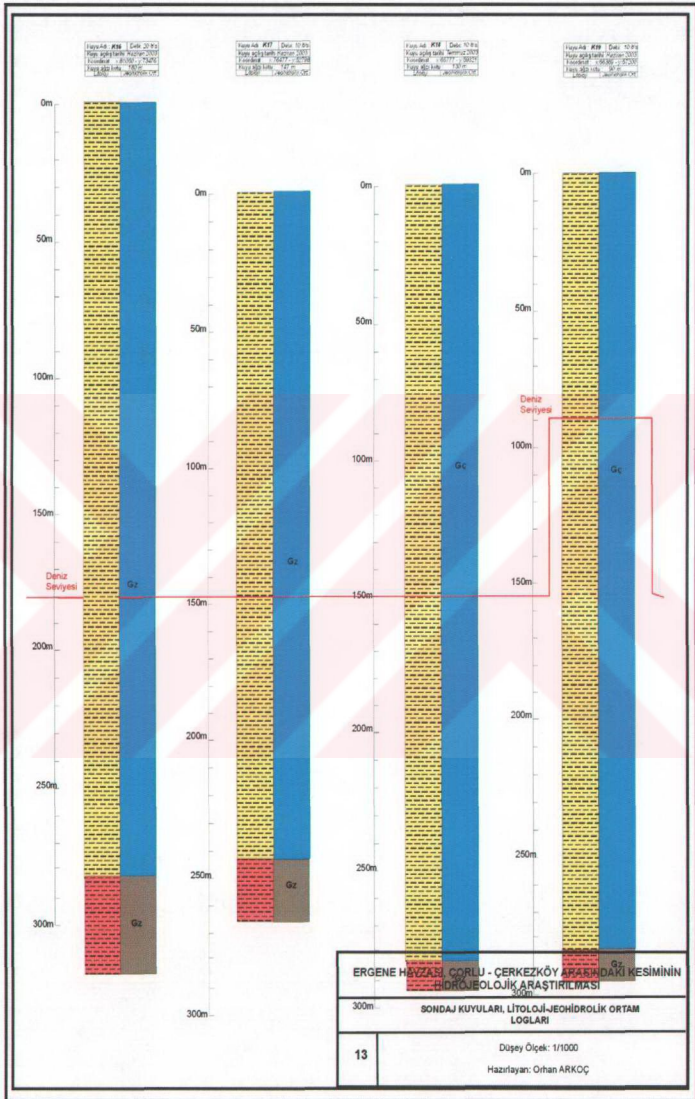


Şekil B.28 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

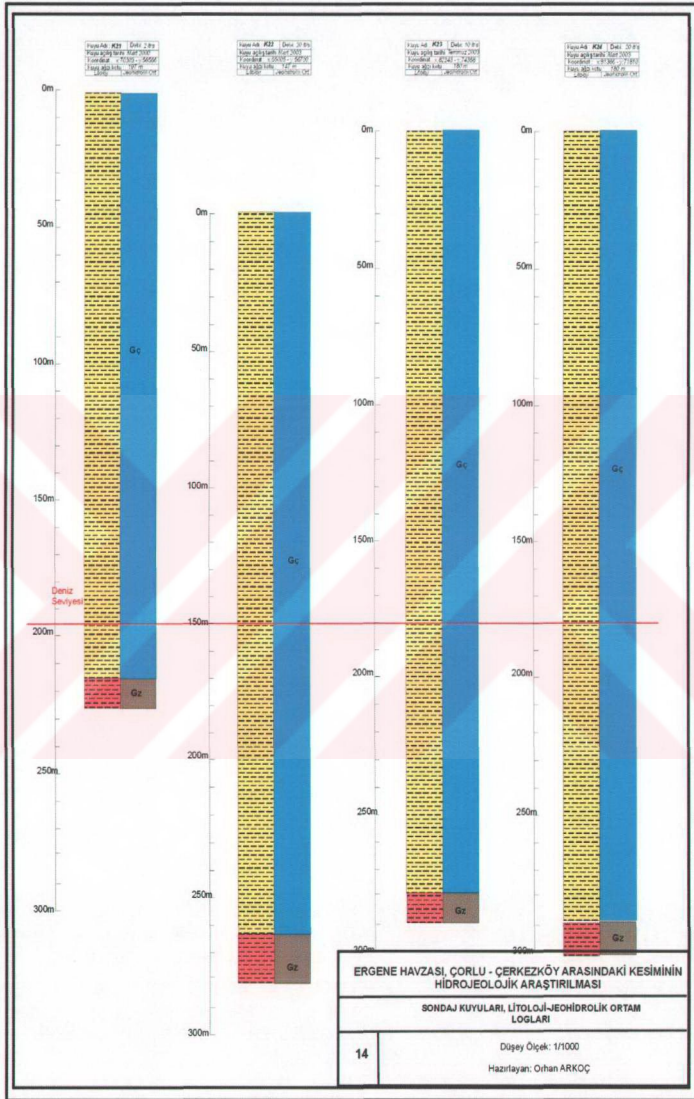


Şekil B.29 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları



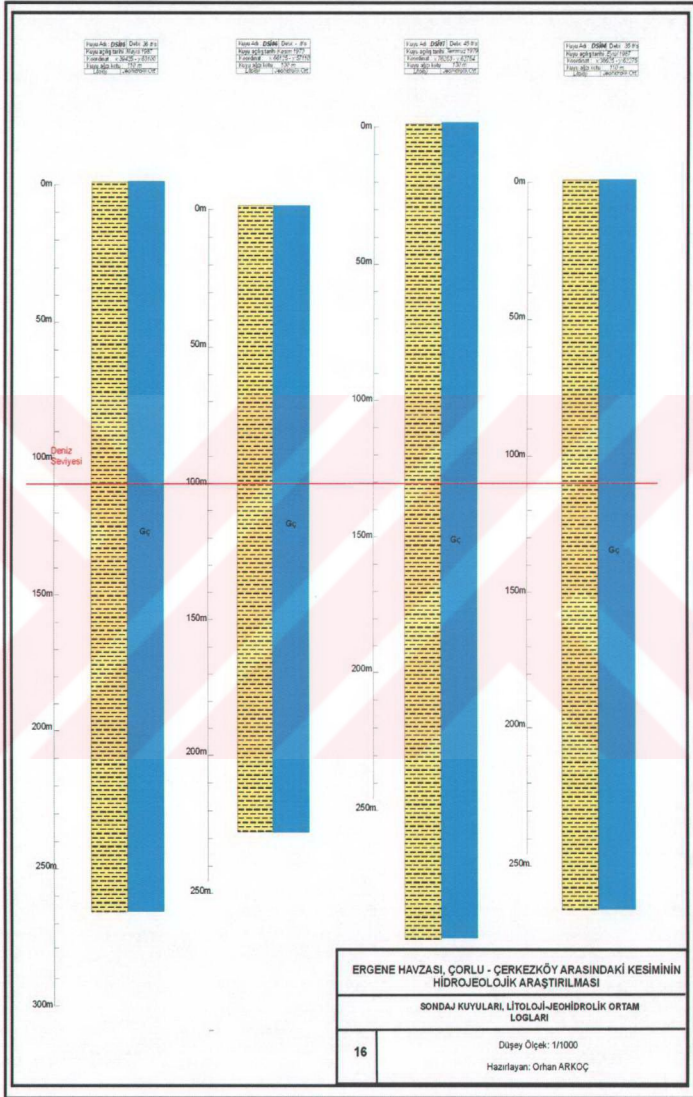


Şekil B.31 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

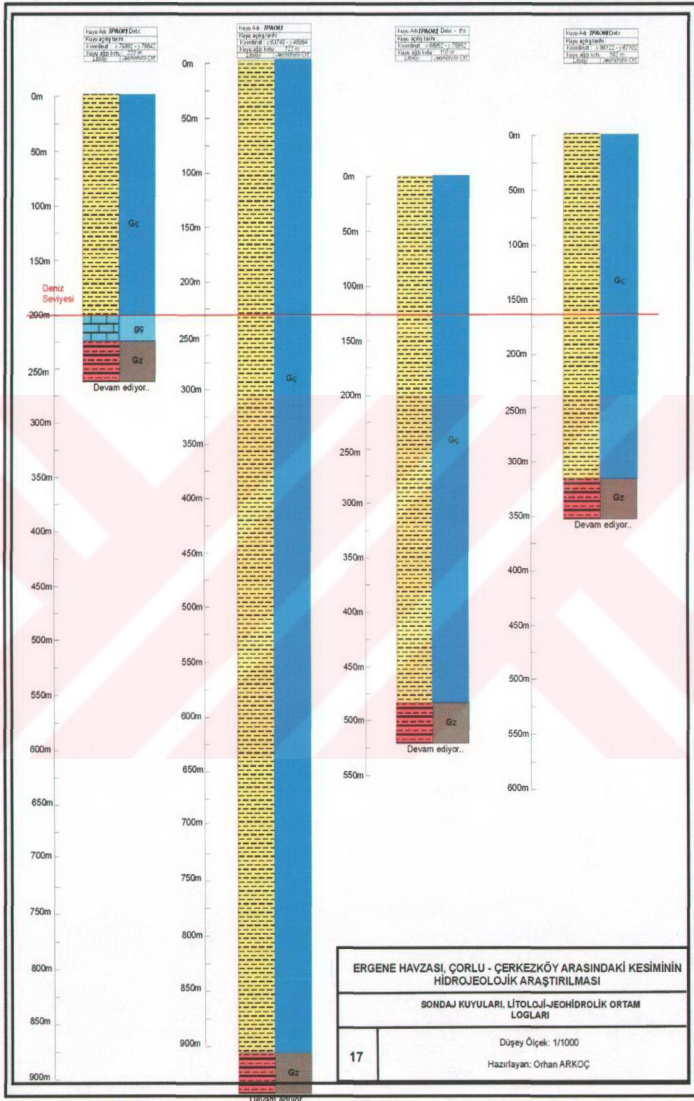


Şekil B.32 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları

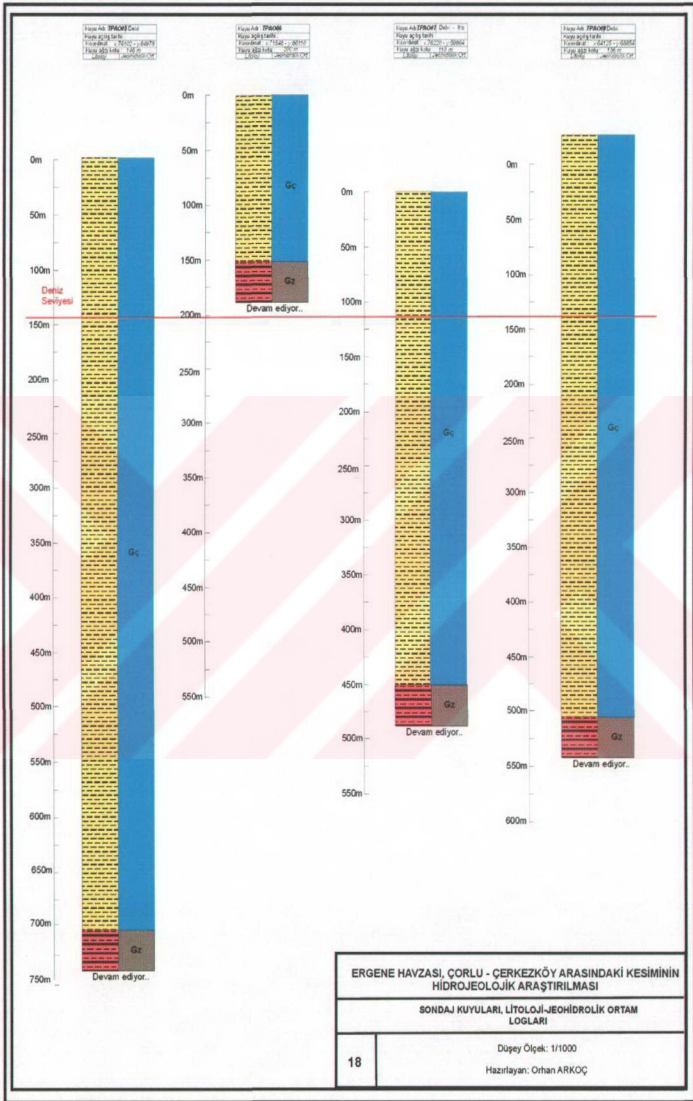




Şekil B.34 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları



Şekil B.35 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları



Şekil B.36 Sondaj kuyuları, litoloji-jeohidrolik ortam logları



Tablo A.1 GK-01 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)	Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)
Mayıs 2003	7	998	412	75,0	23,9	12,17	107,4	32,5	66,3	0,3
Haziran 2003	7	1009	421	74,0	21,4	8,12	107,0	32,1	52,4	0,1
Temmuz 2003	7,2	1200	435	77,2	19,5	7,89	108,2	35,9	54,5	0,3
Ağustos 2003	7	1328	432	73,5	20,8	6,23	122,0	32,4	48,7	0,2
Eylül 2003	7,7	1488	436	82,7	22,2	6,31	137,0	37,6	79,2	0,2
Ekim 2003	7	1004	435	82,4	23,6	6,25	123,2	36,2	77,5	0,2
Kasım 2003	6,9	988	403	133,7	27,2	7,42	150,7	38,0	89,2	0,1
Aralık 2003	6,8	1050	408	72,8	22,5	7,62	108,2	24,0	43,2	0,3
Ocak 2004	6,8	1120	739	58,7	21,3	10,9	118,6	16,5	78,2	2,1
Şubat 2004	7,2	110	312	69,3	21,6	10,2	125,3	15,2	74,3	0,5
Mart 2004	7,6	1010	336	89,7	21,8	11,9	145,8	15,9	82,3	2,0
Nisan 2004	7,2	1004	305	77,2	21,4	10,8	114,3	17,2	60,8	0,4

Tablo A.1 GK-02 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N (mg/l)	Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)
Mayıs 2003	7,2	325	341	10,1	16,2	-	48,1	8,4	5,5	0,4
Haziran 2003	7	345	421	10,8	16,4	-	42,5	7,5	8,7	0,5
Temmuz 2003	7	340	431	11,3	15,8	-	43,3	8,6	11,2	0,5
Ağustos 2003	7	321	453	12,4	13,8	-	49,2	8,4	5,3	0,4
Eylül 2003	7,6	347	436	11,2	11,9	-	51,3	8,3	2,5	0,4
Ekim 2003	7	315	446	11,5	13,4	-	47,5	8,1	2,3	0,3
Kasım 2003	6,9	494	369	17,2	15,4	3,11	49,6	8,4	2,5	0,3
Aralık 2003	7	372	387	13,2	17,5	2,10	49,1	6,5	5,4	0,5
Ocak 2004	6,7	360	436	12,7	19,9	0,89	48,8	6,7	7,0	2,2
Şubat 2004	7	384	394	11,5	19,2	-	47,6	6,6	5,3	2,0
Mart 2004	7,2	482	336	11,2	18,8	-	46,4	6,6	6,8	2,0
Nisan 2004	7	485	372	13,4	18,4	-	46,8	7,2	7,3	0,7

Tablo A.3 GK-03 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	$HCO_3^-$ (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-N$ (mg/l)	$Ca^{+2}$ (mg/l)	$Mg^{+2}$ (mg/l)	$Na^+$ (mg/l)	$K^+$ (mg/l)
Mayıs 2003	7	842	673	17	58,3	-	68,1	19,3	53,0	0,7
Haziran 2003	7	784	653	18,4	46,2	-	70,2	12,2	47,2	0,7
Temmuz 2003	7,1	815	642	19,1	44,9	1,22	70,5	11,0	23,7	0,9
Ağustos 2003	7	837	673	17,1	39,5	1,52	63,8	10,1	17,6	0,9
Eylül 2003	7,1	841	1334	20,7	27,2	2,99	60,9	11,4	18,8	0,9
Ekim 2003	7	853	664	22,8	47,6	2,43	72,7	12,5	23,1	0,90,9
Kasım 2003	6,2	963	504	62,2	48,2	2,66	90,6	15,8	34,0	0,9
Aralık 2003	7	861	627	42,3	42,5	2,73	82,4	19,5	22,8	1,0
Ocak 2004	6,3	815	638	21,7	39,1	5,53	87,3	25,2	24,2	1,9
Şubat 2004	6,8	845	630	38,2	46,2	4,01	77,4	15,2	45,3	1,0
Mart 2004	7	981	642	39,7	44,4	-	76,1	17,7	32,1	0,3
Nisan 2004	6,8	832	668	33,3	46,8	-	75,3	16,2	47,2	0,7

Tablo A.4 GK-04 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	$HCO_3^-$ (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-N$ (mg/l)	$Ca^{+2}$ (mg/l)	$Mg^{+2}$ (mg/l)	$Na^+$ (mg/l)	$K^+$ (mg/l)
Mayıs 2003	7	440	410	8,7	2,9	2,44	61,7	7,5	19,2	8,3
Haziran 2003	7	451	415	8,1	1,8	1,23	57,6	8,8	5,6	5,6
Temmuz 2003	7	438	425	9,2	1,3	1,44	57,7	9,7	4,4	7,2
Ağustos 2003	7	421	421	9,2	1,5	1,32	63,2	8,5	4,2	6,5
Eylül 2003	7	447	436	9,7	1,1	0,78	90,6	9,9	3,8	4,2
Ekim 2003	7	438	342	9,4	1,9	1,44	65,3	9,8	10,2	4,5
Kasım 2003	6,4	604	504	8,7	2,4	2,88	76,1	10,7	14,6	5,2
Aralık 2003	6,3	592	482	9,4	2,8	3,82	74,2	9,2	26,2	4,8
Ocak 2004	6,2	450	436	11,2	6,2	6,97	72,1	8,1	35,6	2,2
Şubat 2004	6,6	687	442	8,2	2,7	5,43	68,2	8,0	33,2	2,4
Mart 2004	7	964	537	7,2	2,3	6,64	50,5	7,1	38,0	2,1
Nisan 2004	7	553	432	8,3	2,6	4,53	54,3	8,4	35,4	4,2

Tablo A.5 GK-05 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	$HCO_3^-$ (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-N$ (mg/l)	$Ca^{+2}$ (mg/l)	$Mg^{+2}$ (mg/l)	$Na^+$ (mg/l)	$K^+$ (mg/l)
Mayıs 2003	7	450	321	12,1	9,3	7,08	64,2	16,5	16,1	1,0
Haziran 2003	7	432	356	10,2	9,1	2,54	57,2	15,4	10,2	1,0
Temmuz 2003	7	448	301	11,0	9,1	1,99	66,5	16,5	9,7	0,9
Ağustos 2003	7	451	327	12,4	7,5	1,95	59,4	15,4	3,5	0,9
Eylül 2003	7,1	498	336	15,2	6,3	1,99	43,3	12,7	2,7	0,9
Ekim 2003	7	489	394	11,2	6,5	1,97	72,4	12,4	8,3	0,9
Kasım 2003	6,3	659	436	10,3	7,2	2,33	96,2	13,5	18,0	0,9
Aralık 2003	6,3	512	428	22,8	8,5	3,72	57,4	10,2	9,7	1,0
Ocak 2004	6,2	500	431	23,2	10,8	5,31	68,1	9,55	8,3	2,1
Şubat 2004	6,3	623	412	40,5	8,2	7,22	67,3	9,72	8,4	1,0
Mart 2004	6,9	686	403	44,2	8,3	8,96	67,2	9,86	4,6	0,3
Nisan 2004	7	610	392	15,3	8,7	7,42	65,7	9,52	7,3	0,5

Tablo A.6 GK-06 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	$HCO_3^-$ (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-N$ (mg/l)	$Ca^{+2}$ (mg/l)	$Mg^{+2}$ (mg/l)	$Na^+$ (mg/l)	$K^+$ (mg/l)
Mayıs 2003	7	482	323	10,5	4,2	-	44,1	7,6	13,3	0,4
Haziran 2003	7	442	331	11,5	4,5	-	42,5	7,3	11,2	0,4
Temmuz 2003	7,2	421	341	11,2	5,5	0,78	41,6	8,1	7,1	0,4
Ağustos 2003	7	374	374	11,5	4,2	0,52	42,1	8,0	7,5	0,2
Eylül 2003	7,8	331	336	12,7	4,6	-	44,8	5,1	7,8	0,2
Ekim 2003	7	370	351	12,4	4,8	-	52,1	5,8	8,5	0,2
Kasım 2003	6,7	463	369	28,7	5,2	0,89	56,1	7,0	22,7	0,2
Aralık 2003	7	434	412	12,5	5,8	0,92	54,3	5,8	7,2	0,3
Ocak 2004	6,6	393	537	16,2	10,6	10,7	55,2	6,1	7,3	2,1
Şubat 2004	6,8	462	404	14,3	9,8	5,2	56,3	5,4	11,0	0,3
Mart 2004	7,4	499	369	37,7	7,7	3,3	57,2	5,3	7,8	0,3
Nisan 2004	7	474	350	28,2	7,6	0,4	55,4	5,7	8,2	0,4

Tablo A.7 GK-07 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> :N (mg/l)	Ca <sup>12</sup> (mg/l)	Mg <sup>12</sup> (mg/l)	Na <sup>1</sup> (mg/l)	K <sup>1</sup> (mg/l)
Mayıs 2003	7	1008	854	22,1	117,8	123,4	179,5	14,2	46,1	2,1
Haziran 2003	7	1012	771	24,1	101,2	110,3	175,8	14,6	47,3	2,1
Temmuz 2003	7	992	632	31,5	112,1	112,7	181,2	15,8	55,9	2,0
Ağustos 2003	7	1332	703	32,5	96,2	120,1	185,0	15,2	33,2	2,0
Eylül 2003	7,1	1347	705	33,7	39,8	125,6	195,6	13,8	43,1	1,9
Ekim 2003	7	1009	632	22,1	93,2	112,4	100,5	12,4	40,8	2,0
Kasım 2003	6,2	970	638	97,7	103,6	102	22,9	18,2	53,1	2,0
Aralık 2003	7	982	612	24,4	101,5	101,0	106,7	16,3	51,5	1,7
Ocak 2004	5,9	978	504	38,2	100,0	104,0	188,3	16,5	45,3	0,3
Şubat 2004	7	984	510	51,4	95,4	104,2	117,0	15,3	44,8	0,3
Mart 2004	7	998	537	59,7	97,9	103	46,4	16,1	52,4	0,3
Nisan 2004	7	1005	562	52,5	96,4	105	114,0	14,7	42,4	1,8

Tablo A.8 GK-08 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> :N (mg/l)	Ca <sup>12</sup> (mg/l)	Mg <sup>12</sup> (mg/l)	Na <sup>1</sup> (mg/l)	K <sup>1</sup> (mg/l)
Mayıs 2003	7	750	512	21,1	18,7	2,88	118,6	25,3	68,0	1,4
Haziran 2003	7	694	514	25,0	12,7	1,89	114,3	24,2	45,3	1,0
Temmuz 2003	6,9	668	598	28,0	14,0	1,77	112,2	26,8	36,1	1,0
Ağustos 2003	7	743	548	24,0	12,5	1,45	113,2	25,3	22,3	1,0
Eylül 2003	6,8	865	672	33,2	11,8	0,45	115,4	22,4	13,6	1,0
Ekim 2003	7	823	578	28,3	14,5	2,41	118,4	22,2	16,2	1,2
Kasım 2003	6,1	978	403	54,7	16,2	6,75	122,6	22,0	31,2	1,0
Aralık 2003	6,0	920	400	45,5	15,2	6,42	125,2	12,2	58,3	1,0
Ocak 2004	5,7	870	401	37,2	19,3	10,7	148,2	13,1	72,1	2,3
Şubat 2004	6,8	902	521	52,4	16,7	6,82	153,3	12,1	44,3	1,0
Mart 2004	6,7	964	672	63,7	15,4	3,32	173,9	12,0	46,0	0,3
Nisan 2004	7	912	532	38,4	16,8	2,62	163,2	12,2	53,4	1,0

Tablo A.9 GK-09 kuyusu iyon analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	pH	EC ( $\mu S/cm$ )	$HCO_3^-$ (mg/l)	Cl (mg/l)	$SO_4^{2-}$ (mg/l)	$NO_3^-N$ (mg/l)	$Ca^{+2}$ (mg/l)	$Mg^{+2}$ (mg/l)	$Na^+$ (mg/l)	$K^+$ (mg/l)
Mayıs 2003	6,9	521	504	18,0	10,2	-	77,2	13,2	22,4	0,7
Haziran 2003	7	523	391	15,2	7,8	-	73,1	12,2	20,2	0,6
Temmuz 2003	7	642	398	17,3	11,5	-	75,1	15,7	23,5	0,8
Ağustos 2003	7	534	424	14,3	8,7	-	76,2	14,2	27,5	0,6
Eylül 2003	6,7	545	403	19,2	8,2	-	76,9	15,6	20,2	0,7
Ekim 2003	7	621	456	16,2	10,5	-	81,9	15,2	22,1	0,7
Kasım 2003	6	748	505	60,2	11,3	0,89	98,6	11,5	23,5	0,7
Aralık 2003	6,3	704	584	19,5	11,5	1,20	78,2	10,3	20,1	0,6
Ocak 2004										
Şubat 2004	6,7	742	560	24,3	12,1	3,78	64,3	22,3	22,3	0,5
Mart 2004	6,7	795	571	47,2	15,4	4,32	61,7	23,4	23,4	0,3
Nisan 2004	7	804	512	22,1	10,3	4,87	68,3	26,2	26,2	0,6

Tablo A.10 GK-01 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	0,082	0,01	-	-	-	-
Haziran 2003	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz 2003	-	-	0,005	-	-	0,004	0,225
Ağustos 2003	-	-	-	-	-	0,002	0,312
Eylül 2003	-	0,079	-	-	-	0,025	0,538
Ekim 2003	-	0,063	-	-	-	-	0,422
Kasım 2003	-	0,037	-	-	-	-	0,739
Aralık 2003	-	0,22	-	-	-	-	0,522
Ocak 2004	-	-	-	-	-	-	-
Şubat 2004	-	-	-	-	-	-	-
Mart 2004	-	-	-	-	-	-	0,571
Nisan 2004	-	-	-	-	-	-	0,342

**Tablo A.11 GK-02 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları**

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	0,017	-	-	0,232	0,004	0,11
Haziran 2003	-	0,07	-	-	-	-	0,12
Temmuz 2003	-	0,147	-	-	0,037	-	0,153
Ağustos 2003	-	0,21	-	-	-	-	0,202
Eylül 2003	-	0,49	-	-	-	0,042	0,255
Ekim 2003	-	0,23	-	-	-	-	0,182
Kasım 2003	-	0,245	-	0,022	-	-	-
Aralık 2003	-	0,26	-	0,025	-	-	-
Ocak 2004	-	0,247	-	0,068	-	-	-
Şubat 2004	-	0,34	-	0,053	-	-	-
Mart 2004	-	0,63	-	0,134	-	-	0,004
Nisan 2004	-	0,24	-	0,03	-	-	0,008

**Tablo A.12 GK-03 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları**

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	-	-	-	0,051	0,012	-
Haziran 2003	-	0,012	-	-	0,224	0,01	-
Temmuz 2003	-	0,017	-	-	0,535	0,008	0,095
Ağustos 2003	-	0,022	-	-	0,321	0,023	0,010
Eylül 2003	-	0,079	-	-	-	0,038	0,326
Ekim 2003	-	0,120	-	-	-	0,022	0,210
Kasım 2003	-	0,245	-	-	-	0,043	-
Aralık 2003	-	0,182	-	-	-	0,031	-
Ocak 2004	-	0,164	-	0,021	-	-	0,465
Şubat 2004	-	0,192	-	-	-	-	0,251
Mart 2004	-	0,219	-	0,228	-	-	0,358
Nisan 2004	-	0,172	-	-	-	-	0,242

Tablo A.13 GK-04 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	-	-	-	-	-	-
Haziran 2003	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz 2003	-	0,060	-	-	-	-	-
Ağustos 2003	-	0,110	-	-	-	-	-
Eylül 2003	-	0,161	-	-	-	-	-
Ekim 2003	-	0,160	-	-	-	-	-
Kasım 2003	-	0,165	-	-	-	-	-
Aralık 2003	-	-	-	-	-	-	-
Ocak 2004	-	-	-	0,114	-	-	-
Şubat 2004	-	-	-	-	-	-	-
Mart 2004	-	0,164	-	-	-	-	-
Nisan 2004	-	-	-	-	-	-	-

Tablo A.14 GK-05 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	-	-	-	-	-	-
Haziran 2003	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz 2003	-	-	-	-	-	-	-
Ağustos 2003	-	-	-	-	-	-	-
Eylül 2003	-	0,079	-	-	-	-	-
Ekim 2003	-	0,090	-	-	-	-	-
Kasım 2003	-	0,101	-	-	-	-	-
Aralık 2003	-	0,208	-	-	-	-	-
Ocak 2004	-	0,356	-	-	-	-	-
Şubat 2004	-	0,214	-	-	-	-	-
Mart 2004	-	0,192	-	-	-	-	-
Nisan 2004	-	-	-	-	-	-	-

**Tablo A.15 GK-06 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları**

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	-	-	-	0,475	-	-
Haziran 2003	-	-	-	-	0,420	-	-
Temmuz 2003	-	-	-	-	0,414	0,004	0,052
Ağustos 2003	-	-	-	-	0,370	0,020	0,051
Eylül 2003	-	-	-	-	-	0,025	0,609
Ekim 2003	-	-	-	-	-	0,022	0,514
Kasım 2003	-	-	-	-	-	0,039	0,472
Aralık 2003	-	-	-	-	-	0,037	0,274
Ocak 2004	-	-	-	0,061	-	-	0,216
Şubat 2004	-	-	-	0,032	-	-	0,312
Mart 2004	-	-	-	0,041	0,026	-	0,465
Nisan 2004	-	-	-	-	0,172	-	0,212

**Tablo A.16 GK-07 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları**

Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	0,039	0,745	-	0,475	0,019	-
Haziran 2003	-	-	0,693	-	0,512	0,014	-
Temmuz 2003	-	-	0,642	0,025	0,657	0,004	0,139
Ağustos 2003	-	-	0,410	-	-	0,020	0,101
Eylül 2003	-	-	0,178	-	-	0,025	0,113
Ekim 2003	-	-	1,212	-	-	0,032	0,112
Kasım 2003	-	0,676	2,148	-	-	0,039	1,204
Aralık 2003	-	0,514	1,351	-	-	0,018	0,092
Ocak 2004	-	0,219	0,258	-	-	-	-
Şubat 2004	-	0,212	0,214	-	-	-	-
Mart 2004	-	0,209	0,209	0,014	-	-	-
Nisan 2004	-	0,325	0,325	-	-	-	-

Tablo A.17 GK-08 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları

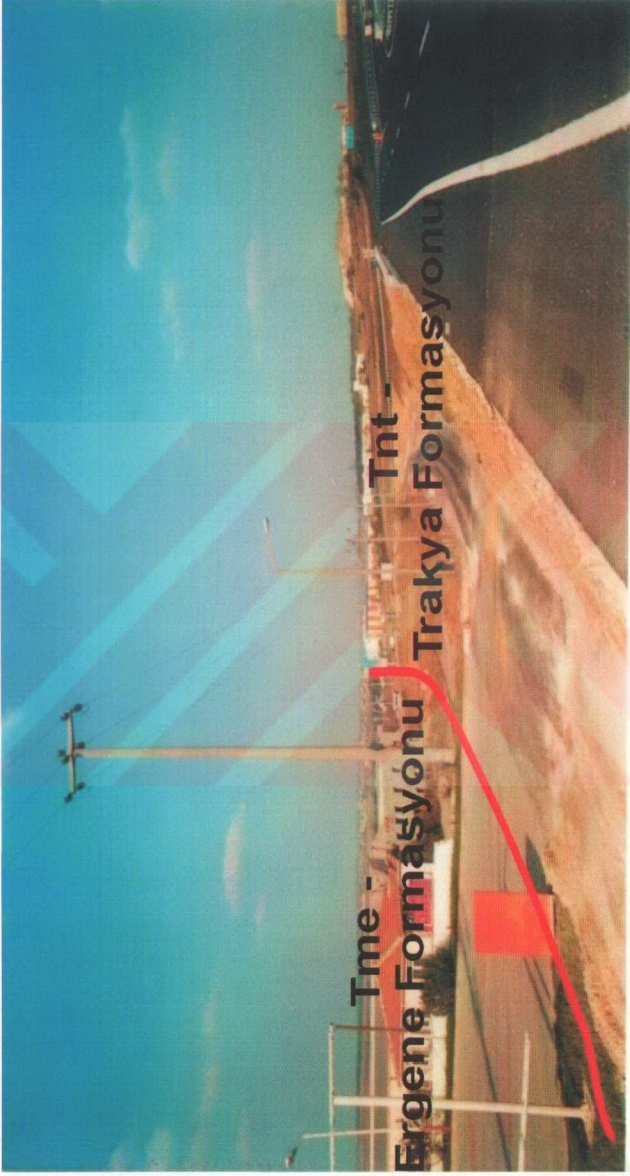
Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	0,039	-	-	-	-	-
Haziran 2003	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz 2003	-	-	-	-	-	-	-
Ağustos 2003	-	-	-	-	-	-	-
Eylül 2003	-	-	-	-	-	-	0,538
Ekim 2003	-	-	-	-	-	-	0,430
Kasım 2003	-	-	0,066	-	-	-	-
Aralık 2003	-	-	0,102	-	-	-	-
Ocak 2004	-	0,192	0,277	-	-	-	0,749
Şubat 2004	-	0,090	-	-	-	-	0,620
Mart 2004	-	0,055	-	-	-	-	1,636
Nisan 2004	-	-	-	-	-	-	1,260

Tablo A.18 GK-09 kuyusu ağır metal konsantrasyonları analiz sonuçları

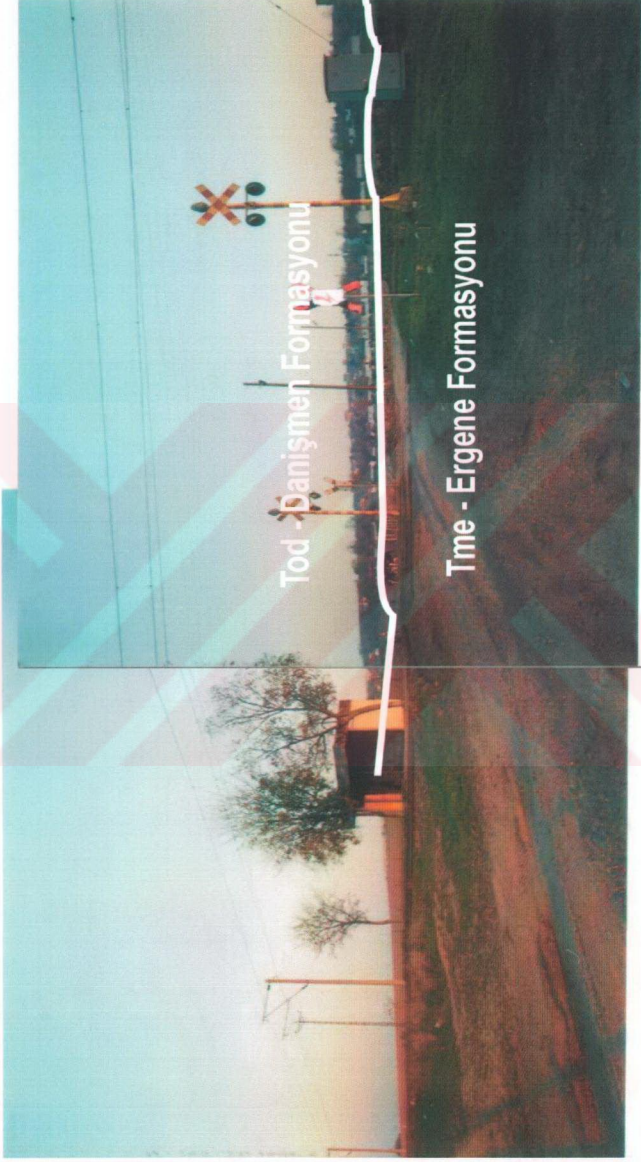
Örnekleme tarihi:	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cr (mg/l) (toplam)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)
Mayıs 2003	-	0,004	-	-	-	-	-
Haziran 2003	-	0,012	-	-	-	-	-
Temmuz 2003	-	0,090	-	-	-	-	-
Ağustos 2003	-	0,172	-	-	-	-	-
Eylül 2003	-	0,189	-	-	-	-	-
Ekim 2003	-	0,099	-	-	-	-	-
Kasım 2003	-	0,245	-	-	-	-	-
Aralık 2003	-	0,214	-	-	-	-	-
Ocak 2004							
Şubat 2004	-	0,212	-	-	-	-	-
Mart 2004	-	0,219	-	-	-	-	-
Nisan 2004	-	0,192	-	-	-	-	-

Örnek alınmadı - Değer yok

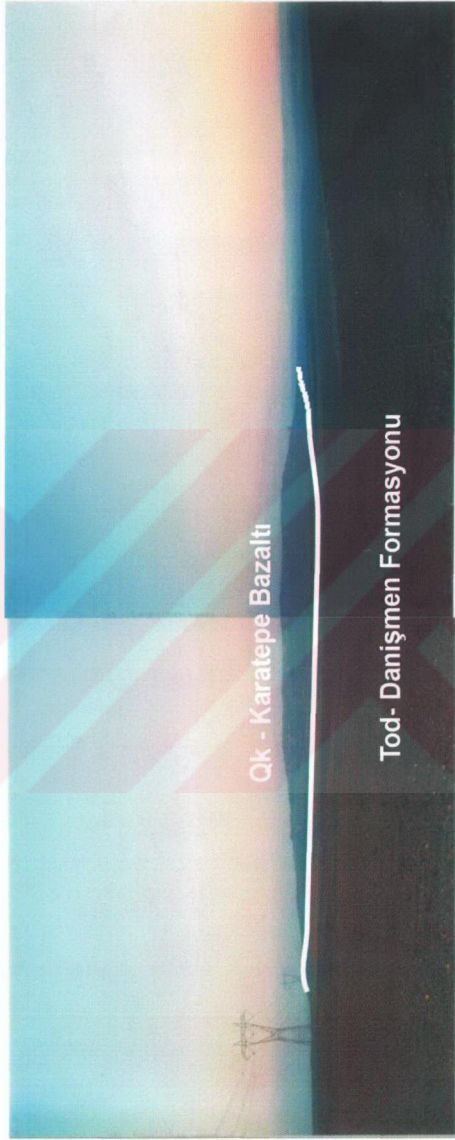




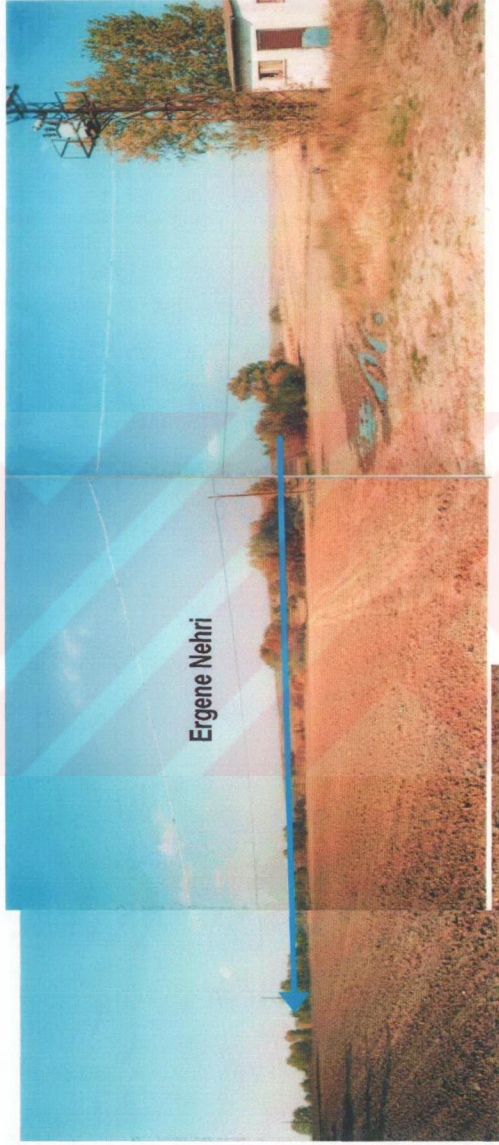
Şekil B.38 Ergene Formasyonu (Tme), Trakya Formasyonu (Tnt) kontağı Velimese – TEM bağlantı yolu bakış yönü kuzey (73250-64782)



Şekil B.39 Danişmen Formasyonu (Tod), Ergene Formasyonu (Tme) kontağı Sarılar Köyü GK-03 kuyusu yamı bakış yönü GD (55357-55583)



Şekil B.40 Karatepe bazaltı(Qk), Danışmen Formasyonu(Tod) kantağı Bakış yönü Güney(63282-56210)



Şekil B.41 GK-02 kuyusundan batıya doğru görüntü (Esenler Köyü), (55250-64813)

## ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1971 yılında Aydın ili, Nazilli ilçesinde doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Edirne de tamamlamıştır. 1990 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde öğrenime başlamıştır. 1995 yılında jeoloji Mühendisi olarak mezun olduktan sonra, aynı yıl Yüksek Lisans öğrenimine devam etmiştir. Kısa bir süre İzmir Metro şantiyesinde stajyer Mühendis olarak bulunduktan sonra 1997 yılında Yüksek Mühendis unvanı almıştır. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği ABD da Doktora öğrenimine başlamıştır. 2000 yılından itibaren Trakya Üniversitesi'nde Maden programında ön lisans düzeyinde ders vermektedir.