

## Efteni Gölü (Düzce) Sulak Alanı ve Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi

Şehnaz Şener<sup>1</sup>, Ezgi Kırlangıç<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta  
sehnazsener@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi: ; Kabul Tarihi:

### Özet

#### Anahtar kelimeler

Düzce;  
Efteni Gölü;  
hidrojeoloji;  
hidrojeokimya

Bu çalışmada, Efteni Gölü sulak alanı ve yakın çevresinin jeolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca su kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri, kullanım durumları ve kirlilik değerlendirmeleri yapılmıştır. Çalışma alanında en önemli akifer alüvyon olup, Mayıs (2013) döneminde yapılan yeraltı suyu seviye ölçümlerine göre yeraltı suyunun yüzeyden derinliği 1-3,5 m arasında değişmektedir. Aynı dönemde alınan su kaynakları üzerinde in situ ölçümler ve kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bölgedeki yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının Ca-HCO<sub>3</sub> ve Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> sular fasiyesinde olduğu belirlenmiştir. Tüm su örnekleri sulama suyu olarak kullanıma uygun özelliklerdedir. Ancak belirli lokasyonlardan alınan su örneklerinin NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, As ve Mn bakımından kayasu etkileşimi ve antropojenik etkenlere bağlı olarak içme suyu olarak kullanıma uygun olmadığı belirlenmiştir.

## Investigation of Hydrogeological Properties of Efteni Lake (Düzce) Wetland and Its Surroundings

### Abstract

#### Key words

Düzce;  
Efteni Lake;  
Hydrogeology;  
hydrogeocimistry

In this study, geological, hydrological and hydrogeological characteristics of the Efteni Lake and its surroundings were investigated. In addition, hydrogeochemical properties, availability and pollution assessments were performed. Alluvium is the most important aquifer in the study area and groundwater depth is ranged from 1 to 3.5 m according to groundwater level measurements in May (2013). In situ measurements and chemical analyzes were carried out on water resources taken in the same period. According to the obtained results, surface and groundwater is Ca-HCO<sub>3</sub> and Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> facies. All water samples are suitable for the irrigation water. However, water samples taken from specific locations are not suitable for drinking water in terms of NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, As and Mn depend on water-rock interaction and anthropogenic factors.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

Dünyamızda, canlıların yaşamını devam ettirmek için suyu kullanma ve kontrol altına alma isteği, insanlık tarihinin başlangıcından beri var olmuştur. Dolayısı ile yüzey, yeraltı ve atmosferde bulunan suyun, genel özelliklerini ve hareketini yöneten kuramları tanımlamak, oluşturabileceği tehlikeleri belirlemek ve bertaraf etmek ve en önemlisi sudan en iyi şekilde yararlanmaya yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Aydın ve ark. 2013). Bir sulak alanın, oluşumunu, boyutunu ve özelliklerini hidrolojik süreçler kontrol etmektedir (Carter, 1996). Hidrolojik çevrimin bir parçası olan doğal veya

yapay oluşabilen sulak alanlarda; sular durgun veya akıntılı olabilmekle birlikte sürekli veya mevsimsel su bulunduran tatlı, acı veya tuzlu özellikler gösterebilmektedir. Ramsar (1971)'a göre bataklık, sazlık, turbalık, sulak çayır, denizlerin 6 m derinliğe kadar olan kesimi gibi tüm su kütleleri, sulak alan olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde artan nüfusa bağlı olarak gelişen endüstriyel ve tarımsal faaliyetler, yüzey ve yeraltı suyu kaynakları üzerinde hem miktar hem de kalite açısından ciddi baskı unsuru haline almıştır. Hatta kirlilik unsurlarına değişen iklim koşulları da eklendiğinde birçok sulak alanın varlığının tehdit altında olduğu

görülmemektedir (Şener ve ark. 2010). Bu durum mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına yönelik olarak yapılması gereken hidrolojik ve hidrojeolojik çalışmaların önemini daha bir artırmaktadır.

Çalışma alanı olarak seçilen Efteni Gölü sulak alanı Düzce il sınırları ve Küçük Melen alt havzası sınırları içerisinde yer almaktadır. Düzce ovasının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri önceki yıllarda farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Barka ve ark. 1999; Komut, 2000; Özmen, 2000; Ünsal, 1991; Ünsal ve Çelik 2010). Bu çalışmada, Efteni Gölü sulak alanı ve çevresinin jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri değerlendirilerek çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının mevcut durumdaki hidrojeokimyasal özelliklerinin ve kullanım koşullarının farklı diyagramlar kullanılarak ortaya koyulması amaçlanmıştır.

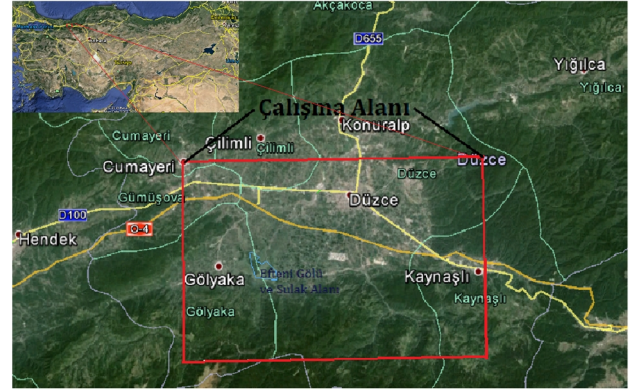
## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Düzce İlinin Gölyaka ilçesi sınırlarında yer alan Efteni Gölü Sulak Alanı ve yakın çevresini kapsamaktadır (Şekil 1). Düzce il merkezinin güneybatısında yer alan Efteni Gölü Sulak Alanı 40° 45' K enlemi – 31° 03' D boylamında bulunmakta ve il merkezine olan uzaklığı 14 km'dir. Efteni Gölü Sulak Alanı, ülke genelinde ayrılmış olan havzalardan Batı Karadeniz Havzası içinde Küçük Melen Alt Havzası dâhilinde Büyük Melen akarsuyu ve birçok yüzey suyunun oluşturduğu Düzce ovası drenaj alanı içinde kalmaktadır. Alanın deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 115 m'dir. Göl alanı sular çekildiği zaman 5 km<sup>2</sup>'ye düştüğü gibi taşkınlar zamanında da 25 km<sup>2</sup>'ye kadar ulaşmaktadır.

Gölün en önemli beslenme kaynağı bölgeye düşen yağıştır. Ayrıca, Efteni Gölü ve sulak alanını içine alan bölgede çok sayıda sürekli ve mevsimsel akışa sahip dereler bulunmaktadır. Bu derelerden Bıçkı Dere, Cevizli dere ve Değirmen deresi direk göle boşalmaktadır. Sulak alan (bataklık) içinde akış göstererek göle boşalan Uğursuyu deresi, Aksu deresi ve Küçükmelen deresi de aynı şekilde gölün

besleniminde rol oynamaktadır. Göl suları Büyükmelen dere vasıtasıyla havza dışına taşınmaktadır (Ünsal ve Çelik, 2010).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

### 2.2. Yöntem

Çalışma alanınının 1/100.00 ölçekli jeoloji haritası daha önceki çalışmalardan ve arazi çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirilerek hidrojeoloji haritası hazırlanmış ve alandaki akifer birimler tanımlanmıştır. Çalışma alanınının yeraltı suyu seviyesi ve akım yönünün belirlenmesi Mayıs 2013 döneminde DSİ tarafından açılmış olan sondaj kuyularında statik seviye ölçümleri yapılmış ve yeraltı suyu seviye haritaları hazırlanmıştır.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerini, kirlilik durumunu ve kullanım koşullarını belirleyebilmek için Mayıs (2013) döneminde su örnekleri alınmıştır. Su örnekleri alımında sızdırmaz kapaklı polietilen şişeler kullanılmıştır. Örneklerin sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC) ve hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) değerleri Elmetron CX-401 ve YSI Professional Plus marka çok parametrelili portatif su kalitesi ölçüm cihazları kullanılarak yerinde ölçülmüştür. Örneklerin kimyasal analizleri ise ACME laboratuvarlarında (Kanada), ve SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında yaptırılmıştır. ACME laboratuvarlarında su örnekleri Grup 2C kapsamında, analiz edilmiştir. Söz konusu laboratuvarında katyon ve iz element içeriklerinin belirlenmesinde ICP-MS (Inductively Coupled

Plasma-Mass Spectrometer) analiz tekniği kullanılmaktadır. SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$  analizleri Merck-Spectroquant Nova 60 cihazı kullanılarak spektrofotometrik yöntem ile,  $CO_3^{2-}$  ve  $HCO_3^-$  analizleri ise Merck-Aquamerck test kitleri kullanılarak titrimetrik yöntem ile yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları iyon özellikleri, kullanım amaçları (içme ve sulama) ve kirlilik durumu olmak üzere üç grupta incelenmiştir. Yüzey ve yeraltı sularının iyon özelliklerinin tanımlanmasında, genel kimyasal özellikler değerlendirilmiş ve Schoeller (1955), Piper (1944), Gibbs ve Chadha (1999) diyagramları kullanılarak yorumlamaları yapılmıştır. Suların kullanım amaçlarının değerlendirilmesinde ise ulusal ve uluslararası standartların yanı sıra Schoeller içilebilirlik, ABD tuzluluk ve Wilcox (1955) diyagramları kullanılmıştır. Ayrıca tüm örneklerin kirlilik durumu ağır metal ve azot türevleri bakımından değerlendirilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Çalışma alanının jeolojisi

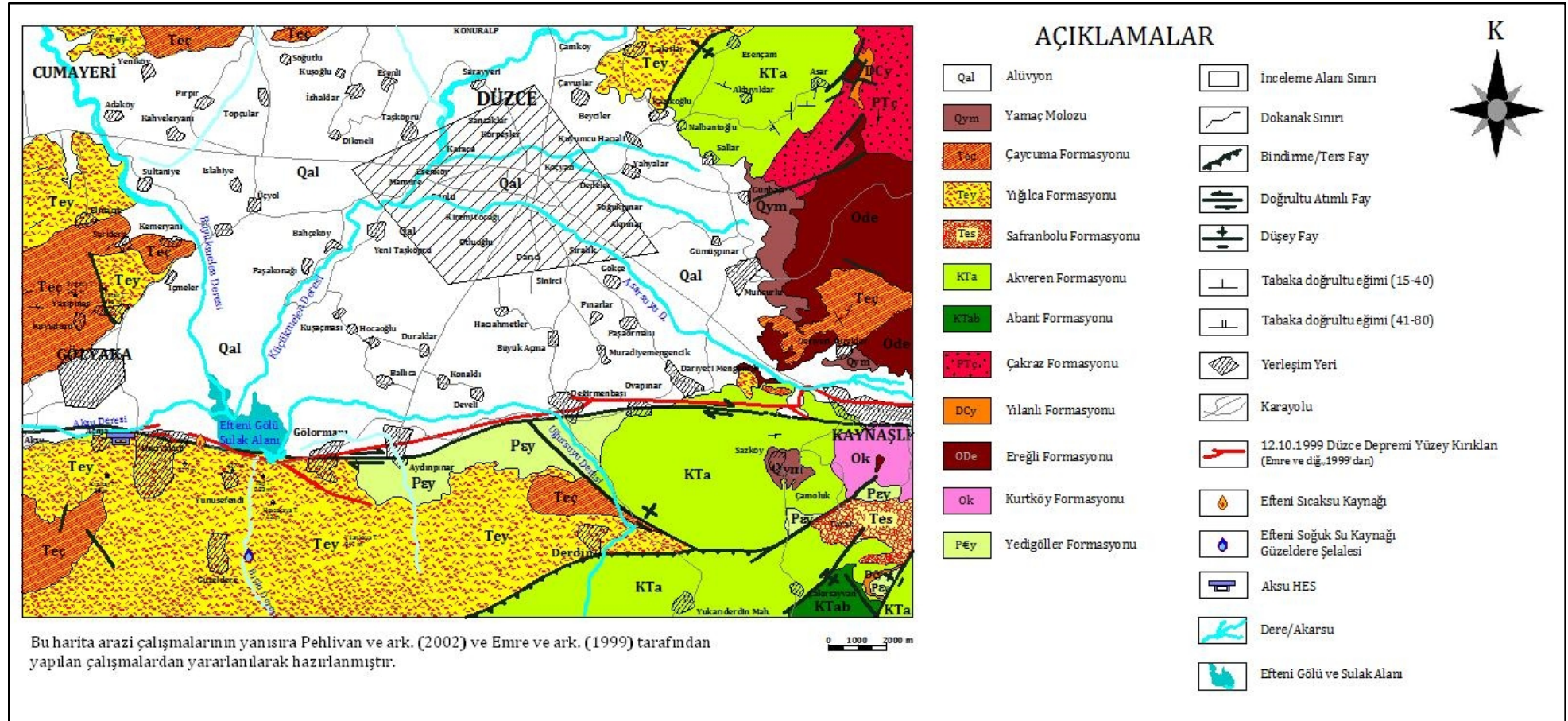
Çalışma alanının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası arazi ve literatür çalışmaları sonucunda hazırlanmış ve Şekil 2'de sunulmuştur. Bölgede yüzeyleyen kaya birimleri, litolojik özellikleri ve birbirleri ile olan stratigrafi ve yaş ilişkileri göz önünde iki zon halinde kabul edilmiştir. Bu zonlar Batı Pontid zonu (Üst Kretase-Tersiyer yaştaki birimler ile İstanbul Paleozoyik istifine ait birimler) ve Armutlu-Almacık-Arkotdağ zonedir (Üst Kretase yaşta tektonik ve sedimenter melanj). Çalışma alanı içerisinde Batı Pontid Zonu'nda yer alan formasyonlar yaşlıdan gence doğru Yedigöller Formasyonu, Kurtköy Formasyonu, Ereğli Formasyonu, Yılanlı Formasyonu, Çakraz Formasyonu, Akveren Formasyonu, Yiğilca Formasyonu ve Çaycuma Formasyonu'dur. Armutlu-Almacık-Arkotdağ Zonu'nda yer alan formasyonlar ise yaşlıdan gence doğru Abant Formasyonu ve Safranbolu Formasyonu'dur. Çalışma alanında oldukça geniş yayılım gösteren Kuvaterner yaşlı Alüvyon ve yamaç molozu güncel çökeller olup herhangi bir

zon içerisinde kabul edilmemiştir (Pehlivan ve ark. 2002).

Çalışma alanında Prekambriyen yaşlı en yaşlı birim olan Yedigöller Formasyonu amfibolit, gnays, migmatit, metavolkanit, mermer, şist vb. kaya türlerinden oluşmaktadır. Yedigöller Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Alt Ordivisiyen yaşlı Kurtköy Formasyonu pembemsi mor- grimsi mor renkte litarenit ve arkoz türü kumtaşlarıyla, aynı renkte şeyller ile konglomeraların ardalanmasından oluşmaktadır. Altta Kurtköy Formasyonu, üstte Yılanlı Formasyonu ile geçişli olan Orta Ordivisiyen-Alt Devoniyen yaşlı Ereğli Formasyonu yeşilimsi gri renkte ince tabakalı laminalı şeyl ile gri renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı ardalanması ve gri-siyah renkli şeyller içinde bulunan kireçtaşı mercerlerinden oluşmaktadır (Pehlivan ve ark., 2002).

Orta-Üst Devoniyen – Alt Karbonifer yaşlı Yılanlı Formasyonu şeyl, silttaşı ve yumru kireçtaşıyla başlayıp üste doğru gri-siyah renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit seviyeleri içermektedir. Permiyen-Triyas yaşlı Çakraz Formasyonu, kırmızı, mor renkli masif, orta-kalın tabakalı konglomera, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kiltası ardalanmasından oluşur ve Yılanlı formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen yerleşmiştir. Birim içerisinde gözlenen kumtaşları ince-orta tabakalı, yer yer çakıllı, kötü boylanmalı ve derecelenmelidir. Silttaşları ise kırmızımsı kahverenkli ve çapraz laminalıdır (Kipman, 1974). Çakraz Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Kampaniyen-Alt Eosen yaşlı Abant Formasyonu bloklu konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn vb. kaya türlerinden oluşur. Birim sarımsı gri, kahverengi, kırmızı, mor, açık-koyu gri, yeşilimsi gri renkte olup, olistostromal kesimlerden, düzgün fliş istifi özelliği gösteren düzeyler sunmaktadır (Pehlivan ve ark., 2002). Abant Formasyonu ile eş zamanlı oluşmuş olan Üst Kampaniyen-Alt Eosen yaşlı Akveren Formasyonu ise beyaz marn, kireçtaşı, karbonatlı kumtaşı, karbonatlı şeyl ve çörtlü kireçtaşından oluşmaktadır. Birimin sarı, beyaz, yer yer grimsi yeşil ve kırmızımsı beyaz renkli ince-orta-kalın katmanlıdır. Kumtaşı-kırıntılı kireçtaşı ile

başlayan birim, üste doğru killi kireçtaşı- marn, silttaşı-kiltaşı arılanmalı olarak devam eder. Bu istif içerisinde yer yer bulantı akıntıları ile gelişmiş çökeller görülmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.

Akveren Formasyonu üzerinde bulunan Alt-Orta Eosen yaşlı Safranbolu Formasyonu çalışma alanının güney doğusunda çok dar bir alanda yüzeylenmektedir. Birim konglomera-kumtaşı seviyesi ile başlar, onun üzerinde karbonatlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı-kireçtaşlarına geçiş yapar. Safranbolu Formasyonu üzerinde bölgede oldukça yaygın gözlenen birimlerden Yığılca Formasyonu ve Çaycuma Formasyonu yer yer birbiri ile yanal geçişli yer yer altta Yığılca Formasyonu, üstte Çaycuma Formasyonu ile geçişli olarak bulunurlar.

Yığılca Formasyonu genel olarak andezit, bazalt, tüf, aglomera ve volkanojenik kumtaşlarından oluşmaktadır. Birimin rengi koyu gri-kahverengimsi griden açık yeşile kadar değişir. Volkanik breşlerin saha konumu düzensizdir ve çoğunlukla masif görünüşlüdürler ve Çaycuma formasyonunun alt düzeyleri ile yanal geçişlidir (Emre ve ark. 1999). Birimin yaşı Alt-Orta Eosen'dir. Yığılca Formasyonu ile aynı yaşta olan Çaycuma Formasyonu ise kireçtaşı, aglomera, tüfit ve marn ara seviyeli kumtaşı, silttaşı ve kiltası ardalanmasından oluşmaktadır. Birim yanalda Yığılca formasyonu ile yer yer geçişlidir (Emre ve ark. 1999). Formasyon üstte Kuvaterner çökeller tarafından aşıl uyumsuzlukla üzerlenmektedir.

Kuvaterner yaşlı Yamaç molozu çalışma alanında tutturulmamış veya az tutturulmuş, blok ve çakıllar şeklinde birikintiler halinde görülmektedir. Birimin litolojisi gevsek tutturulmuş konglomera kumtaşı-çamurtası karışımdan oluşmaktadır. Rengi çevredeki kayalara ve kısmen alterasyona bağlı olarak sarımsı kırmızı, açık kahverenkli ve alacalıdır. Çalışma alanının çok büyük bölümünü bir örtü gibi üzerleyen ve Düzce Ovası'nın çok büyük bölümünü oluşturan Kuvaterner yaşlı eski ve yeni alüvyonlar genel anlamda akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum, kil ve silt çökellerinden oluşmaktadır. Bu kırıntılı çökellerin depolanma yerine bakmaksızın çakıl-kum-silt ve killerden oluştuğu rahatlıkla ayırt edilebilmektedir (Pehlivan ve ark. 2002).

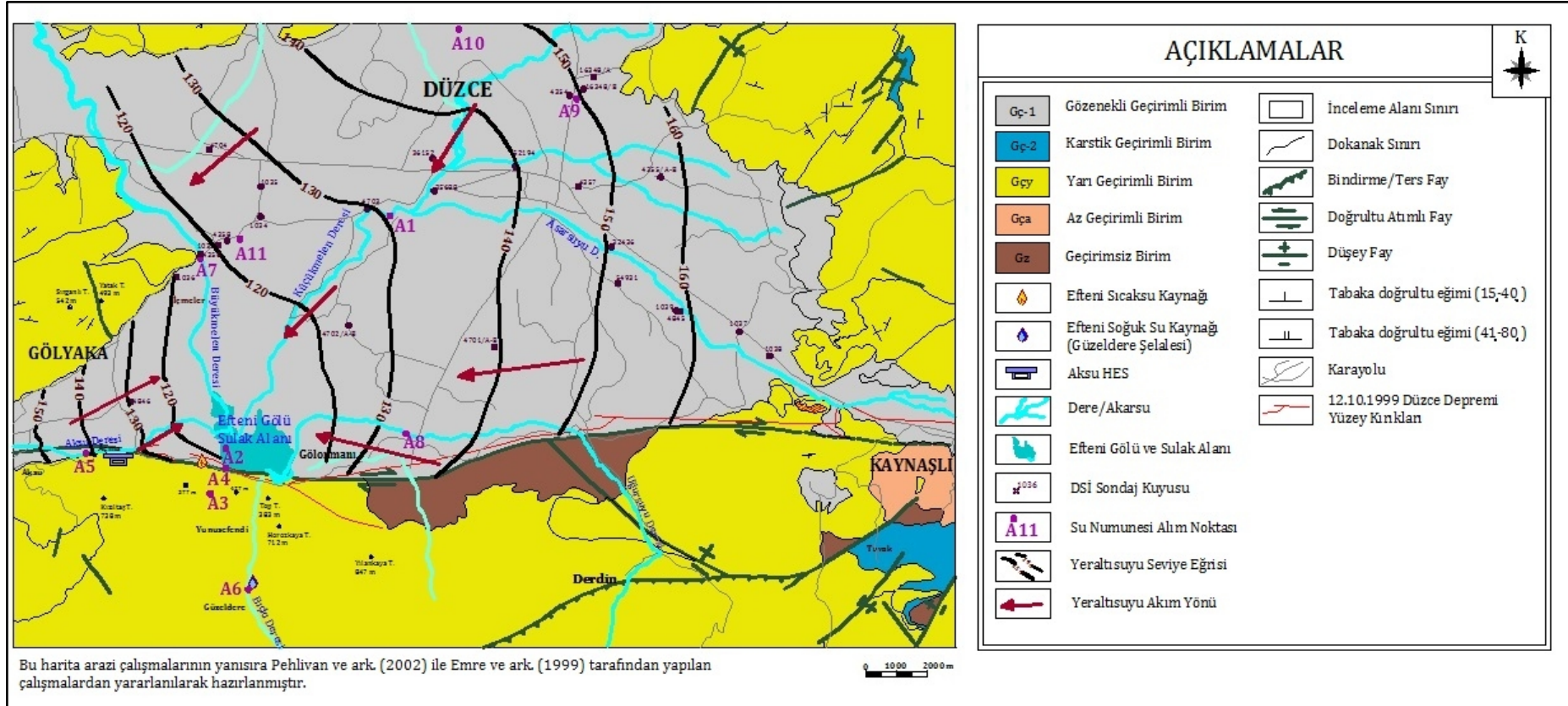
### **3.2. Çalışma alanının hidrojeolojisi ve yeraltısuyu dinamiği**

Çalışma alanı içerisindeki jeolojik birimler litolojik özelliklerine göre sınıflandırılarak bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 3). Buna göre metamorfik birimlerden oluşan Yedigöller Formasyonu geçirimsiz birim; Kurkköy Formasyonu ise içerdiği konglomera seviyelerinden dolayı az geçirimli birim olarak sınıflandırılmıştır. Litolojik özelliklerine göre bünyesinde kısmen yeraltısuyu bulundurabilecek olan Abant Formasyonu, Çaycuma Formasyonu, Ereğli Formasyonu, Çakraz Formasyonu, Akveren Formasyonu ve Yığılca Formasyonu yarı geçirimli birim olarak sınıflandırılmıştır. Bölgede oldukça dar alanlarda gözlenen Yılanlı Formasyonu ve Safranbolu Formasyonu kırıklı, çatlaklı ve karstik özelliğe sahip olduklarından dolayı karstik geçirimli birim olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında en önemli akifer olan alüvyon ve yamaç molozu tutturulmamış yapılarından dolayı gözenekli geçirimli birim olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanında oldukça geniş yayılım sunan alüvyon yaklaşık 260 m. kalınlığa sahiptir. Efteni gölünün kuzeyi ve Küçükmelen ile Büyükmelen derelerinin arasında kalan bölge bataklık özelliğindedir (Ünsal ve Çelik, 2010).

Alüvyon akifer içerisinde DSİ tarafından toplam 26 sondaj kuyusu açılmıştır. Kuyu derinlikleri 60–340 m arasında, kuyu verimleri ise 1,3-35 l/s arasında değişmektedir. Mayıs-2013 döneminde sondaj kuyularında ölçülen yeraltısuyu statik seviyeleri 1-3,5 m. arasında değişmektedir. Elde edilen yeraltısuyu seviye kotları kullanılarak çalışma alanının yeraltısuyu seviyeleri belirlenmiş ve Şekil 3'de verilen hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. Buna göre bölgede yeraltısuyu akımının Efteni gölü ve sulak alanının bulunduğu alana doğru olduğu görülmektedir (Şekil 3).

### **3.3. Su örneklerinin hidrojeokimyasal değerlendirilmesi**

Yeraltı ve yeryüzünde bulunan suların kendilerine özgü kimyasal özellikleri vardır. Bu özellikler, suyun buldukları derinliğe, etkileşim halinde oldukları



Şekil 3. Çalışma alanının hidrojeoloji haritası.

jeolojik birimlerin litolojik özelliklerine ve geçtikleri ortamlara göre değişiklik gösterirler. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısularının hidrojeokimyasal özelliklerini, kullanım koşullarını ve kirlilik durumunu belirleyebilmek için 3 adet yeraltısularından, 2 adet Efteni Gölü ve sulak alanından, 1 adet Güzeldere Şelalesinden, 5 adet çevredeki dere ve akarsulardan olmak üzere toplam 11 adet su örneği alınmıştır. Su örneklerinin alındığı lokasyonlar Şekil 3’de verilen hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir.

Çalışma alanında bulunan yüzey ve yeraltısularının iyon özelliklerinin belirlenmesinde öncelikle sertlik, hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), özgül elektriksel iletkenlik (EC), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve sodyum iyon yüzdesi (% Na) gibi genel kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bunun yanı sıra, suların Piper, Gibbs ve Chadha diyagramları kullanılarak sınıflandırılmasında su örneklerinin major anyon ve katyon ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{-2}$ ) analiz sonuçları kullanılmıştır (Tablo 1).

Sertlik, suların en önemli iyon özelliklerinden biri olup başta kalsiyum, magnezyum, bikarbonat iyonları olmak üzere, Ca-Mg sülfat, Ca-Mg nitrat ve +2 veya daha yüksek değerliğe sahip metal katyonlarından ( $Sr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ) ileri gelmektedir (Şahinci, 1991). Tablo 1’de verilen analiz sonuçlarına göre çalışma alanındaki su kaynaklarında ölçülen sertlik değerleri 0.37 – 4.20  $Fr^o$  arasında değişmektedir.

Yerinde ölçümler ile belirlenen pH değerleri 6.29-6.95 arasında olup su örneklerinin tamamı ‘asit karakterli’ sulardır. Sıcaklık değerleri ise örneklerde 15,6 ile 25 °C arasında değişim göstermektedir. +25°C deki 1  $cm^3$  suyun iletkenliğini ifade eden iletkenlik, bir dereceye kadar sudaki iyon konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Ancak, bu orantı, iletkenliği 50. 000 micromho/cm’ den fazla olan sular için geçerli değildir. Özgül elektriksel iletkenlik (EC) de, içme ve sulama suları sınıflandırılmasında bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Çalışma

alanından alınan su numunelerinin özgül elektriksel iletkenlik değerleri yerinde ölçümlere göre 413 – 514 micromho/cm arasında değişmektedir.

Suların kimyasal özelliklerini belirleyebilmek için Schoeller (1955), suları klorür, sülfat ve karbonat+bikarbonat derişim miktarlarına göre sınıflamıştır (Tablo 2). Schoeller (1955)’in yapmış olduğu sınıflamaya göre alınan su numunelerinin tamamı, Klorür ve Sülfat derişimi bakımından “olağan klorürlü ve olağan sülfatlı sular” sınıfına girmektedir. Karbonat-Bikarbonat derişimi bakımından A6 no’lu Güzeldere-1 numunesi “hipokarbonatlı sular”, A10 no’lu Konuralp-1 numunesi “hiperkarbonatlı sular” sınıfında olup diğer tüm numuneler “olağan karbonatlı sular” sınıfına girmektedir.

Tablo 2. Schoeller (1955) klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat sınıflaması

	Su sınıfı	Klorür Miktarı (mek/l)
	Klorür Sınıflaması	Hiperklorürlü Sular
Klorotalasik Sular		420-700
Klorürce Zengin Sular		140-420
Orta Klorürlü Sular		40-140
Oligoklorürlü Sular		15-40
Olağan Klorürlü Sular		< 15
	Su sınıfı	Sülfat Miktarı (mek/l)
	Sülfat Sınıflaması	Hiposülfatlı Sular
Sülfatlı Sular		24-58
Oligosülfatlı Sular		6-24
Olağan Sülfatlı Sular		< 6
	Su sınıfı	Karbonat+Bikarbonat Miktarı (mek/l)
	Karbonat-Bikarbonat Sınıflaması	Hiperkarbonatlı Sular
Olağan Karbonatlı Sular		2-7
Hipokarbonatlı Sular		< 2

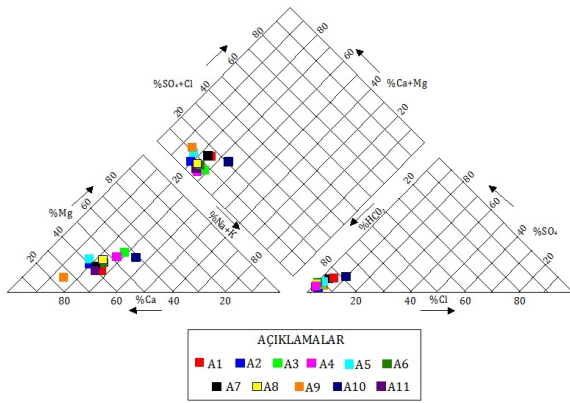
Piper (1944) diyagramı suların genel anyon-katyon içeriğini dikkate alarak su fasiyeslerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısuları temsil eden su örneklerine ait analiz sonuçları Piper Diyagramı üzerinde gösterilerek su örneklerinin hidrojeokimyasal fasiyesleri belirlenmiştir (Şekil 4).



**Tablo 1.** Yüze ve yeraltı sularının kimyasal analiz sonuçları.

Mevkii	Numune no	Na <sup>+</sup> mek/lt	K <sup>+</sup> mek/lt	Ca <sup>++</sup> mek/lt	Mg <sup>++</sup> mek/lt	Cl <sup>-</sup> mek/lt	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> mek/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mek/l	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> mek/l	(C <sup>0</sup> )	(Fr <sup>0</sup> )	EC micromho/cm	pH	TDS	%Na	SAR	Su Sınıfı
*KÜÇÜKMELEN	A1	1.06	0.11	4.19	1.00	0.59	0.83	4.09	-	24.0	1.45	514	6,82	256	16.6	0.65	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
*EFTENİ-1	A2	0.43	0.007	2.42	0.60	0.05	0.11	3.00	-	24.0	0.85	504	6,91	251	12.4	0.34	Ca-HCO <sub>3</sub>
*YUNUSEFENDİ	A3	0.52	0.02	2.18	0.99	0.07	0.22	2.39	0.40	17.0	0.95	514	6,87	257	14.0	0.41	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
*EFTENİ	A4	0.53	0,03	2.28	0.95	0.08	0.22	3.09	-	19,3	0.96	506	6,95	253	13.9	0.41	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
*AKSU	A5	0.25	0.01	2.56	0.75	0.05	0.26	2.29	0.40	22.0	0.94	506	6,81	252	7.00	0.19	Ca-HCO <sub>3</sub>
*GÜZELDERE	A6	0.21	0.02	0.98	0.32	0.02	0.08	1.00	-	15,6	0.37	483	6,89	241	13.7	0.26	Ca-HCO <sub>3</sub>
*BÜYÜKMELEN	A7	0.65	0,06	3.56	0.93	0.25	0.41	3.50	-	22.0	1.27	510	6,93	255	12.5	0.43	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
*UĞURSUYU	A8	0.44	0.03	2.74	0.98	0.07	0.37	2.89	1.20	25.0	1.08	502	6,91	251	10.5	0.32	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
**ÇAVUŞ	A9	0.31	0.02	4.76	0.86	0.12	0.26	4.30	-	20.0	1.54	413	6,29	207	5.21	0.18	Ca-HCO <sub>3</sub>
**KONURALP	A10	8.51	0.02	7.70	5.55	5.42	2.24	11.5	-	18,5	4.20	419	6,75	209	39.0	3.30	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
**KÖPRÜBAŞI	A11	1.34	0.02	5.49	1.34	0.15	0.56	6.09	-	18.0	1.92	475	6,86	237	16.3	0.72	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
*Yüzeysuyu **Yeraltısuyu																	

Buna göre, A10 nolu su örneği dışındaki tüm yüzey ve yeraltı suyu örnekleri alkali toprak elementlerin toplamı (Ca+Mg), alkali elementlerin toplamından (Na+K) büyük, zayıf asit kökleri toplamının ( $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ ) güçlü asit köklerinin toplamından ( $\text{SO}_4 + \text{Cl}$ ) büyük ve "karbonat sertliği % 50'den fazla olan suları temsil etmektedir. Piper diyagramına göre su örneklerinin tamamının genel olarak Ca- $\text{HCO}_3$  ve Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ 'lu sular fasiesinde olduğu görülmektedir. Bu durum su örneklerinin havza içerisindeki kalkerli kayalar ile kayaç-su etkileşimine bağlı olarak gelişmektedir.

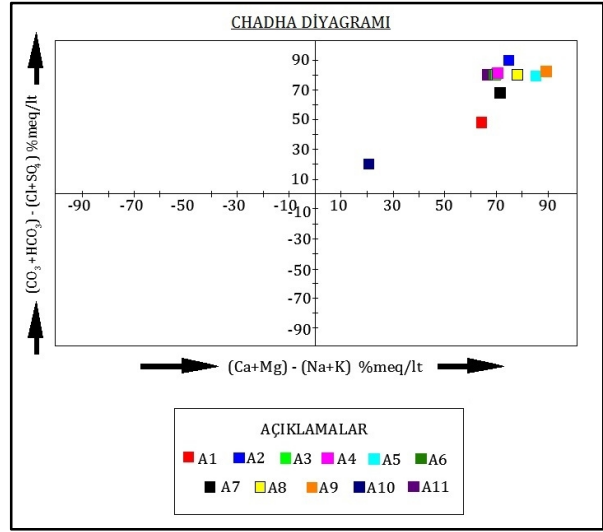


Şekil 4. Piper diyagramı (Mayıs-2013).

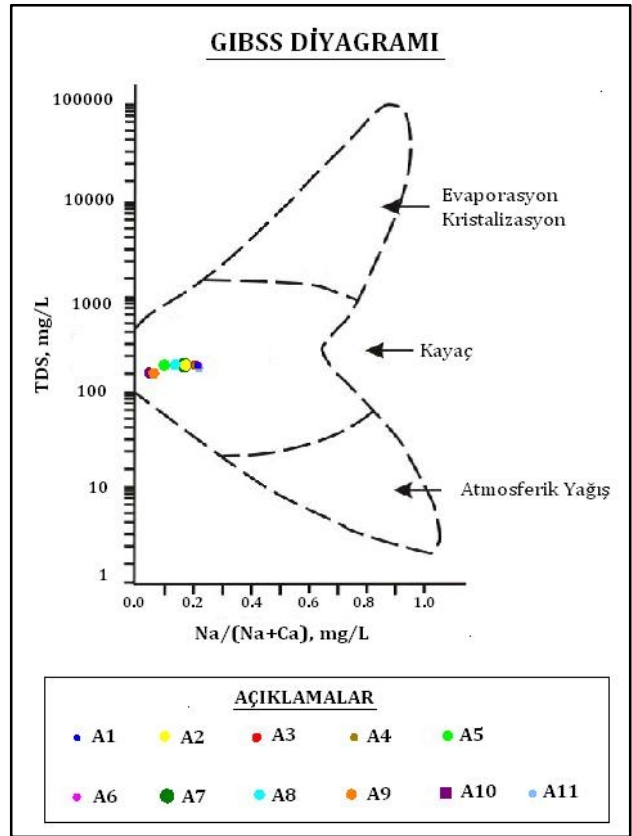
Su örneklerinin anyon ve katyon değerleri Chadha Diyagramı (1999) üzerine yerleştirilerek suların hidrojeokimyasal işlevleri tanımlanmaya çalışılmıştır (Şekil 5). Bu diyagram, Piper Diyagramının (1944) değiştirilmiş ve Durov Diyagramının (1948) ise genişletilmiş halidir. Farkı ise, iki eşkenar üçgenin çıkarılmış olmasıdır. Chadha diyagramına göre yüzey ve yeraltı sularının tamamı genel olarak Ca-Mg- $\text{HCO}_3$  su tipindedir. Su tipleri tamamen kaya-su etkileşiminin bir sonucu olup Ca-Mg- $\text{HCO}_3$  su tipini havza içerisindeki kalkerli kayaların varlığı ile açıklamak mümkündür.

Çalışma alanında belirlenen su tipinin hangi işlev ve/veya mekanizma sonucu değiştiğini belirleyebilmek için su örneklerinin iyonik oranları Gibbs Diyagramı üzerine yerleştirilmiştir. Gibbs Diyagramında, su örneklerinin tamamı "Kayaç Baskın" bölgesine düşmektedir (Şekil 6). Bu da, su kimyasını kontrol eden ana mekanizmanın, kayaç

yapıcı minerallerin kimyasal ayrışması olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Chadha diyagramı (Mayıs-2013).



Şekil 6. Gibbs diyagramı (Mayıs-2013).

### 3.4. Suların kullanım özellikleri

#### Suların içme suyu olarak kullanılabilirliği

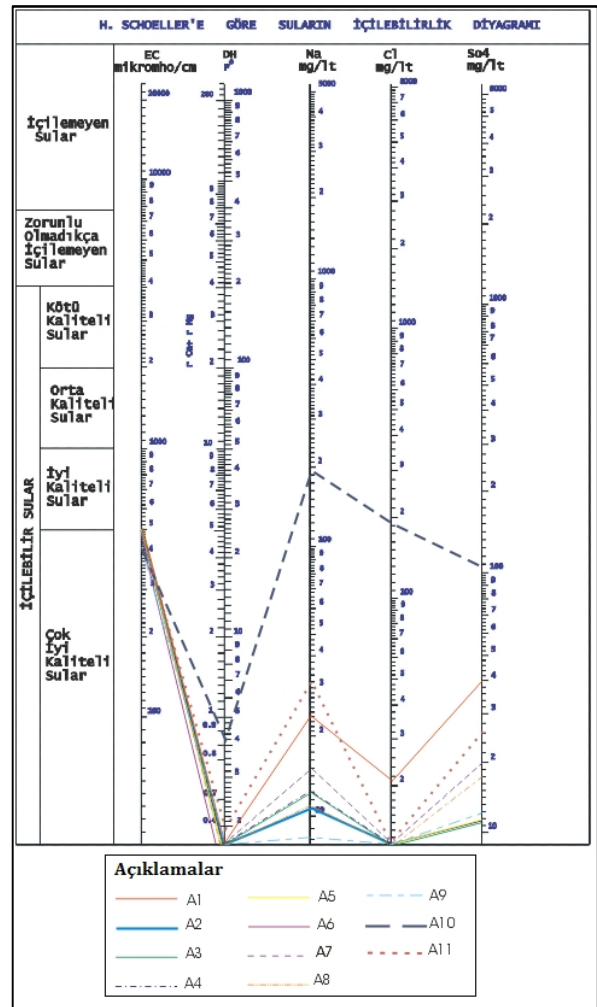
Genel olarak içme suyu olarak kullanılacak suların renksiz, kokusuz, berrak ve sağlığa zarar verebilecek mikrobiyolojik ve kimyasal kirleticilerden arındırılmış olması, aynı zamanda sağlık için gerekli mineralleri uygun ve yeterli miktarda içermesi gerekmektedir. İçme sularındaki kirleticiler, kısa ve uzun dönem periyotlarında önemli sağlık sorunlarına yol açabilir (Şener 2010). Bu nedenle, içme suyu kriterleri için ulusal ve uluslararası birçok standart hazırlanmıştır. Sunulan çalışmada, suların içme suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek için 2005-Nisan ayında "Türk Standartlar Enstitüsü (Anonim 2005)" tarafından yayınlanmış olan içme suyu standardı ile uluslararası içme suyu standardı olan Dünya Sağlık Örgütü (Anonim 2006) tarafından belirlenmiş limit değerler dikkate alınmıştır (Tablo 3). Yapılan değerlendirmeye göre, Küçükmelen deresinden alınan su örneğinin (A1) Mn, As, NO<sub>2</sub> ve NH<sub>4</sub> bakımından, Büyükmelen deresinden alınan su örneğinin (A7) NO<sub>2</sub> ve NH<sub>4</sub> bakımından, Köprübaşı mevkiinden alınan yeraltı suyu örneğinin (A11) örneğinin ise Mn bakımından içme suyu olarak kullanıma uygun olmadığı belirlenmiştir. Diğer su örneklerinin tamamı içme suyu standartlarının limit değerlerine uygun özellik sunmakta olup içilebilir özelliktedir.

H. Schoeller tarafından suların içilebilirlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan Schoeller içilebilirlik diyagramlarında, beş ayrı parametreye (EC, sertlik, Na, Cl ve SO<sub>4</sub>) göre sular içilemeyen, zorunlu olmadıkça içilemeyen ve içilebilir sular olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. İçilebilir sularda kalite özelliklerine göre, kötü kaliteli, orta kaliteli, iyi kaliteli ve çok iyi kaliteli sular olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısularına ait Schoeller içilebilirlik diyagramları Şekil 7'de verilmiştir. Su örneklerine ait EC, sertlik, Na, Cl ve SO<sub>4</sub> değeri kullanılarak yapılan sınıflamaya göre, su örneklerinin tamamı içilebilir sular sınıfında olup çok iyi - iyi kaliteli sulardır.

#### Suların sulama suyu olarak kullanılabilirliği

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısularının sulamada kullanılabilirliğini belirlemek için sular Sodyum Adsorbsiyon Oranlarına (SAR) ve Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox diyagramı kullanılarak suların sulamada kullanılabilirliği tartışılmıştır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında suların SAR ve EC değerleri, Wilcox diyagramında ise % Na ve EC değerleri kullanılmaktadır.



Şekil 7. Schoeller içilebilirlik diyagramı (Mayıs-2013).

#### Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

Sular Sodyum Adsorbsiyon Oranlarına göre sulama suyu olarak kullanılabilirliği açısından dört sınıfa ayrılmıştır (Tablo 4). Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltısularının analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan SAR değerleri genel olarak 0.18 ila 3.30

arasında değişmekte olup 'çok iyi özellikte sulama suları' sınıfına girmektedir.

**Tablo 3.** Yüze ve yeraltısularının ağır metal ve azot türevlerine ait analiz sonuçları.

Mevkii	Numune No	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd	Se	S	As	Fe	Cr	Ni	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l
*KÜÇÜKMELEN	A1	96	<b>70.02</b>	2.9	15.4	0.7	0.2	<0.05	0.8	13	<b>14.5</b>	44	1.7	1.0	<b>0.39</b>	2.99	<b>2.02</b>
*EFTENİ-1	A2	6	6.06	0.6	0.7	0.3	<0.1	<0.05	<0.5	3	4.7	89	<0.5	0.5	<0.01	<0.01	<0.06
*YUNUSEFENDİ	A3	73	3.13	0.9	<0.5	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5	6	2.2	35	<0.5	<0.2	<0.01	2.01	<0.06
*EFTENİ	A4	32	6.52	1.6	2.3	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5	5	4.0	<10	<0.5	3.1	<0.01	2.15	<0.06
*AKSU	A5	68	2.62	1.0	<0.5	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5	5	2.6	46	1.0	0.5	<0.01	2.1	<0.06
*GÜZELDERE	A6	33	1.12	0.6	1.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5	2	3.0	<10	<0.5	0.6	<0.01	0.46	<0.06
*BÜYÜKMELEN	A7	24	12.60	1.4	3.6	0.1	<0.1	<0.05	<0.5	9	3.4	27	<0.5	1.0	<b>0.38</b>	1.53	<b>1.19</b>
*UĞURSUYU	A8	35	2.37	0.6	<0.5	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5	8	4.1	<10	1.0	0.3	<0.01	1.29	<0.06
**ÇAVUŞ	A9	7	0.09	2.7	2.0	<0.1	0.2	<0.05	<0.5	6	5.3	<10	0.9	<0.2	<0.01	7.73	<0.06
**KONURALP	A10	3	2.90	2.9	53.8	<0.1	0.1	<0.05	2.6	42	6.6	<10	<0.5	<0.2	<0.01	4.73	<0.06
**KÖPRÜBAŞI	A11	3	<b>72.74</b>	1.1	78.2	<0.1	0.2	<0.05	<0.5	11	6.8	<10	<0.5	<0.2	<0.01	2.39	<0.06
<b>TS266 (2005) mg/l</b>		<b>0,2</b>	<b>0,05</b>	<b>2</b>	-	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>	<b>0,005</b>	<b>0,01</b>	-	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,5</b>	<b>50</b>	<b>0,5</b>
<b>WHO (2006) mg/l</b>		<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>2</b>	-	<b>0,01</b>	<b>0,006</b>	<b>0,003</b>	<b>0,01</b>	-	<b>0,01</b>	-	<b>0,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,2</b>	<b>50</b>	<b>1,5</b>

**Tablo 4.** SAR'a göre sulama suyu sınıflaması.

Sulama Suyu Sınıfı	SAR %
Çok iyi özellikte sulama suları	< 10
İyi özellikte sulama suları	10-18
Orta özellikte sulama suları	18-26
Fena özellikte sulama suları	> 26

#### Özgül elektriksel iletkenlik (EC)

Sulama sularının kalitesinin belirlenmesinde, suların içerisindeki çözünebilen tuzların toplam konsantrasyonları dikkate alınarak sular özgül elektriksel iletkenliği açısından sınıflandırılmıştır. Suların toplam tuz içeriğinin Ayers and Westcot (1989)'a göre sınıflaması Tablo 5'de verilmiştir

Çalışma alanından alınan su numunelerinin özgül elektriksel iletkenlik değerleri yerinde ölçümlere göre 413 – 514 mch/cm arasında değişmektedir. Buna göre suların tamamı 'orta tuzlu sular' sınıfında olup yıkama ile sulamada kullanılabilir özelliktedir.

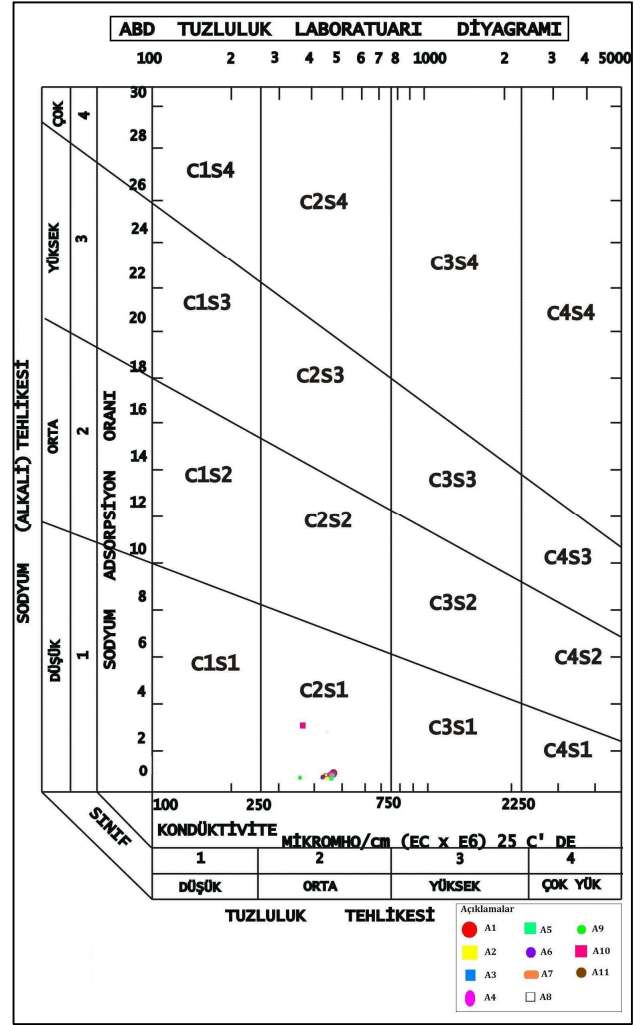
**Tablo 5.** Suların toplam tuz içeriğine göre sınıflaması

Sınıf	EC	Açıklama
Düşük Tuzlu Sular	< 250	Sulamada kullanılmaya en uygun sular
Orta Tuzlu Sular	250-750	Yıkama ile sulamada kullanılabilir
Yüksek Tuzlu Sular	750-2250	Tuza dayanıklı bitki yetiştirmede kullanılabilir
Çok yüksek Tuzlu Sular	>2250	Sulamada kullanılmaz

#### ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre yapılan sınıflamada su örneklerine ait SAR ve özgül elektriksel iletkenlik değerleri kullanılmıştır. Çalışma alanında bulunan suların tamamı 'C2S1' sınıfındadır. (Şekil 8).

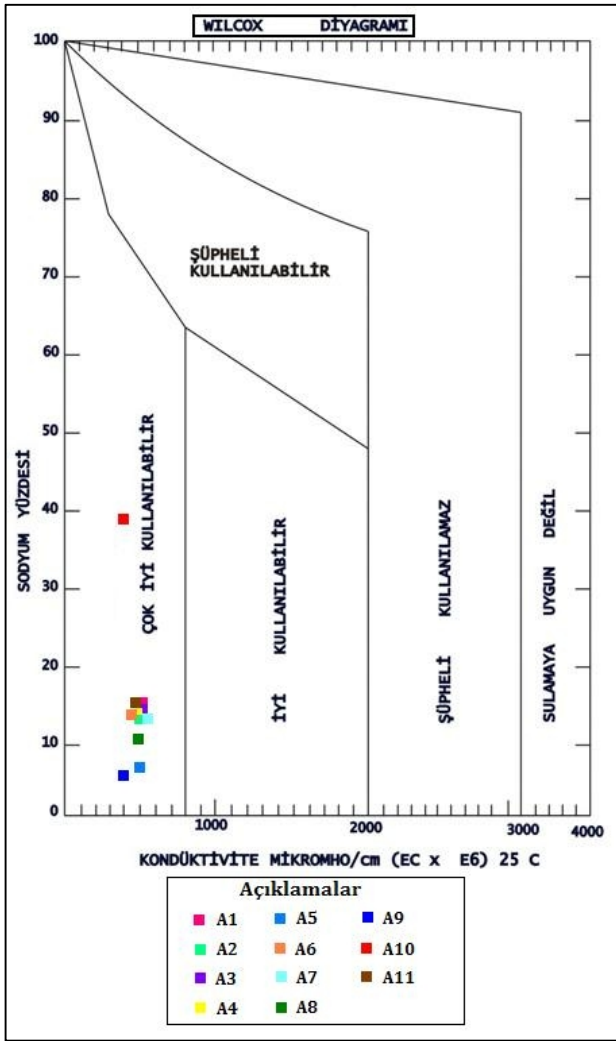
Bu sınıflamaya göre orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkiler için kullanılabilen 'orta tuzlulukta su' ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun olan 'az sodyumlu su' özelliğindedir. Bu sonuç çalışma alanı ve yakın çevresindeki suların genel anlamda tüm sulama faaliyetlerinde kullanılacak özellikte sular olduğunu göstermektedir.



**Şekil 8.** ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı (Mayıs-2013)

#### Wilcox diyagramı

Wilcox diyagramında suların EC ve sodyum yüzdesi değerleri kullanılarak sulama sınıfları çok iyi, iyi kullanılabilir, şüpheli kullanılabilir, şüpheli kullanılamaz ve sulamaya uygun değil olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Alınan su örneklerinden yerinde ölçümle elde edilen elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum iyonu yüzdesi değerleri (%Na) Wilcox diyagramı üzerine yerleştirilmiştir. Buna göre çalışma alanındaki sular 'çok iyi kullanılabilir su' sınıfına girmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Wilcox diyagramı (Mayıs-2013).

### 3.4. Suların kirlilik değerlendirmesi

Su kaynakları üzerindeki kirletici kaynakları jeojenik ve antropojenik kökenli olarak iki kısımda incelemek mümkündür. Jeojenik kökenli kirlilik kayaç-su etkileşimi sonucunda suların bünyelerine aldıkları elementlerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, su kaynakların kayaçlar ile etkileşim süresine ve kayaçların mineral içerikleri ve özelliklerine bağlı olarak değişim gösterebilir. Su kirliliğindeki diğer bir etken ise antropojenik kökenli kirlilik olup genel olarak, endüstriyel faaliyetlerden, evsel ve endüstriyel atıklardan, yerleşim alanlarından ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı kirliliktir. Çalışma alanında karşılaşılan en büyük kirleticiler tarımsal faaliyetler ile katı ve sıvı atıklardır.

Su kaynaklarının kirlilik tespiti kimyasal analizler ile mümkün olmaktadır. Yüzey ve yeraltılarında en

yaygın olarak görülen kirletici maddeler azot bileşikleri, ağır metaller, bakteriyolojik unsurlar ve zehirli bileşiklerdir. Çalışma alanında incelenen su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre Küçükmelen ve Büyükmelen derelerinin  $\text{NO}_2$  ve  $\text{NH}_4$  bakımından kirlilik taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca, Küçükmelen deresinden alınan su örneğinde yüksek As içeriği tespit edilmiştir. Yüzey sularındaki azot kirliliğinin tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan azotlu gübreler ve/veya evsel kanalizasyon atıkları sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir. Yeraltısu örnekleri ise genel olarak bir kirlilik içermemekte olup sadece A11 nolu su örneğinde Mn değeri yüksek ölçülmüştür. Sularda yüksek Mn ise kaya-su etkileşiminin bir sonucu olarak görülebilmektedir.

### 4. Sonuçlar

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzeybatısında, Düzce il sınırları içerisinde yer alan Efteni gölü sulak alanı ve çevresini kapsamaktadır. Bölgenin hidrojeolojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla hazırlanan jeoloji haritasına göre çalışma alanında Batı Pontid zonu ve Armutlu-Almacık-Arkotdağ zonuna ait kaya birimleri yüzeylemektedir. Tüm bu birimleri Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç moluzu üzerlemektedir. Çalışma alanında yaygın akifer olarak alüvyon yer almakta olup tüm yeraltısu sondaj kuyuları alüvyon ortamda bulunmaktadır. Yapılan yeraltısu seviye ölçümlerine göre yeraltısuyunun yüzeyden derinliği 1-3,5 m. arasında değişmekte ve bölgedeki yeraltısu akım yönü Efteni gölü ve sulak alanının bulunduğu alana doğrudur. Su kaynaklarının hidrojeokimyasal fasiyeslerini belirlemek amacıyla, yüzey ve yeraltılarına ait kimyasal analiz sonuçları Piper ve Chadha diyagramları ile değerlendirilmiş ve su örneklerinin tamamının  $\text{Ca-HCO}_3$  ve  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$ 'lı sular fasiyesinde olduğu belirlenmiştir. Su tiplerinin gelişiminde kaya-su etkileşimi ile ilişkili olarak kimyasal ayrışma süreçlerinin baskın olduğu görülmektedir. Kullanım özellikleri bakımından su örneklerinin tamamı sulama suyu olarak kullanılabilir özelliktedir. İçme suyu kullanımında ise, Küçükmelen ve Büyükmelen dereleri ile Köprübaşı mevkiinden alınan yeraltısu örneğinin

içme suyu standartlarına uygun olmadığı belirlenmiştir. Su örneklerinin kirlilik açısından değerlendirilmesinde azot türevleri ve ağır metal içerikleri dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, belli lokasyonlarda NO<sub>2</sub> ve NH<sub>4</sub> parametreleri yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bu durumun, tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan azotlu gübreler ve/veya evsel kanalizasyon atıkları ile ilişkili olabileceği, ağır metal içerikleri bakımından yüksek değerlerde ölçülen As ve Mn elementlerinin ise kaya-su etkileşiminin bir sonucu olabileceği düşünülmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yapılan yüksek lisans tez çalışmasının bir ürünüdür. Yazarlar, çalışmayı finansal olarak destekleyen SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na (Proje No: 3239-YL1-12) teşekkür ederler.

### Kaynaklar

Anonim, 2005. Sular - İnsani tüketim amaçlı sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, 5.

Anonim, 2006. World Health Organisation (WHO), Guidelines for drinking water quality. WHO Publication, **1**, 494.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. *FAO Irrigation and Drainage*, 29 Rev. 1, ISBN 92-5-102263-1.

Aydın, H., Karakuş, H., Meriç, B. T. 2013. Sulak Alanlar. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, 160.

Barka, A., Altunel, E., Akyüz, S., Sunal, G., Hartleb, R., Uslu, O.B., Toroman, E., 1999. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, *TUBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **385**, 40-42.

Chadha, D.K., 1999. A Proposed New Diagram For Geochemical Classification of Natural Waters and Interpretation of Chemical Data. *Hydrogeology Journal*, **7**, 431-439.

Carter, V., 1996. Wetland Hydrology, Water Quality and Associated Functions. Judy D. Fretweil, JD., Williams, JS., Redman, PJ. (eds.) National Water Summary on Wetland Resources. *United States Geological Survey (USGS) Water-Supply Papers*, No: 2424.

Durov, S.A., 1948. Natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions, *Akademiya Nauk SSSR Doklady*, **59**, 87-90.

Erguvanli, K. ve Yüzer, E., 1987. Yeraltısulan Jeolojisi, İTÜ Yayınları, 339.

Kipman, E., 1974. Sakarya Çamdağ (Kestanepınar-Yassıgeçit köyleri arası) deniz çökeltisi demir cevherinin jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Monografileri, 25, 1-72.

Komut, T., 2000. 1999 Düzce Depreminin Yüzey Kırığının Değerlendirilmesi. *Batı Anadolunun Depremselliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 189-197.

Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses. *American Geophysical Union Transactions* **25**,914-923.

Ramsar, 1971. Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat. Ramsar, Iran.

Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 548.

Schoeller, H., 1955. Gechemie des eaux souterranes. Review Institue, **10**, 3-4.

Şener, Ş., 2010. Eğirdir Göl Suyu ve Dip Sedimanlarının Hidrojeokimyasal İncelemesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 348.

Şener,E., Davraz,A., Şener,Ş. 2010. Investigation of Akşehir and Eber Lakes (SW Turkey) Coastline Change with Multitemporal Satellite Images. *Water Resources Management*, 24-4, 727-745.

Özmen, B., 2000. Düzce-Bolu Bölgesi'nin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.



Ünsal, N., 1991. Gölyaka Ovası ve Efteni Termal su kaynağının (Gölyaka-Bolu/Türkiye) Hidrojeolojik İncelemesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 274.

Ünsal N. and Çelik, M., 2010. Hydrogeochemistry and Water Quality Evaluation along the Flow Path in the Unconfined Aquifer of the Düzce Plain, Northwestern Turkey. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, **84**, 213–222.

Wilcox, L.V., 1955. Classification and Use of Irrigation Waters, US Dept Agriculture Circ.