

Nemrut Kaldera Göllerinin Su Kaynakları Potansiyeli

Türker KURTTAŞ^{*1}, Levent TEZCAN¹

¹Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Hidrojeoloji Mühendisliği Programı, 06800, Ankara

(Alınış / Received: 20.03.2017, Kabul / Accepted: 12.10.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 12.12.2017)

Anahtar Kelimeler

Göl,
Batimetri,
Hidrojeokimya,
Yeraltısuyu,
Krater

Özet: Ülkemizde bulunan göller su kaynakları potansiyeli olarak önemli bir yer tutmaktadır. Göller ile ilgili olarak birçok çalışma yapılmış ve yapılmakla birlikte, volkanik göllerin hidrojeolojik koşullarına ait sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Tatlı su kaynağı potansiyeli açısından uygun hidrojeokimyasal özellikleri olan göllerin önemi büyüktür. Bu çalışma kapsamında Türkiye'deki volkanik göllerden olan ve Tatvan ile Bitlis yerleşimlerinin su kaynağını oluşturma potansiyeli bulunan Nemrut Krater göllerinin alansal yayılımı ve hidrojeokimyasal özellikleri, çevresindeki yeraltısuyu ile birlikte araştırılmıştır. Nemrut Krater Gölü'nün batimetrisi ve buna bağlı olarak fiziksel özellikleri yanında Nemrut krateri içinde ve dışındaki kaynakların krater gölleri ile olan hidrojeolojik ilişkileri incelenmiştir. Gölün ve kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri yerinde yapılan fiziksel ölçümler ile desteklenmiştir. Göl seviyesinin 1 m düşürülmesi sonucunda yaklaşık olarak 12.46×10^6 m³ su hacmi elde etmek olasıdır ve bu miktar ile yaklaşık 350000 kişinin bir yıllık su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Aynı miktarda su ile yaklaşık 400 ha tarım arazisi sulanabilmektedir.

Water Resources Potential of Nemrut Caldera Lakes

Keywords

Lake,
Bathymetry,
Hydrogeochemistry,
Groundwater,
Crater

Abstract: Lakes in our country plays as an important role as to be water resources potential. There has been many studies carried out about the lakes but there are limited number of studies about hydrogeological situation of the volcanic lakes. Lakes having appropriate hydrogeochemical properties is very important as to be potential fresh water resources. In this research, hydrochemical properties and spatial extend of Nemrut Crater lakes which can be considered as the potential water resources of the Bitlis city and Tatvan, have been studied together with the groundwater resources around them. Beside the bathymetry of the Nemrut Crater lakes and their physical properties, hydrogeologic relations between crater lakes and springs in and around the crater were evaluated. Hydrochemical properties of the lakes and springs were supported by in-situ physical measurements. It is possible to have water volume of 12.46×10^6 m³ by dropping lake level 1 meter and this amount is roughly equal to the water consumption of 350000 people annually. Approximately 400 ha agricultural land can be irrigated with this amount of water.

1. Giriş

Yeryüzündeki tüm canlılar için yaşamın temel kaynağı olan su bilinçsiz kullanım ve insan kaynaklı kirlenme sonucu giderek azalmaktadır. Dünyamızın %70' i sularla kaplı olmasına rağmen, tatlı su kaynakları bunun yalnızca %2.5'ünü oluşturmaktadır. Bugün yeryüzü nüfusunun beşte biri su kaynaklarının yanlış kullanımı, kirlilik, alan kaybı gibi nedenlerden dolayı sağlıklı, temiz ve içilebilir suya sahip değildir. Günümüzde gelişmekte olan ülkelerin beşte birinde minimum tavsiye edilen 20 litre/gün değerinden daha az temiz suya

ulaşabilmektedir. Yine 2025 yılına kadar 1.8 milyar kişinin su sıkıntısı olan alanlarda yaşayacağı ve dünya nüfusunun 2/3' ünün su stresi altında yaşayacağı tahmin edilmektedir [1]. Türkiye'de şu anda gözlenmemekle beraber benzer durumların olabileceği ve temiz su ihtiyacının doğacağı açıktır.

Bir ülkenin su zengini olabilmesi için kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarının en az 8000-10000 m³ olması gerekirken, bu miktar Türkiye'de 1.519 m³ civarındadır ve bu rakam, bilinenin aksine Türkiye'nin su zengini olmadığını göstermektedir [2]. Ülkemizde kişi başına düşen su ihtiyacını

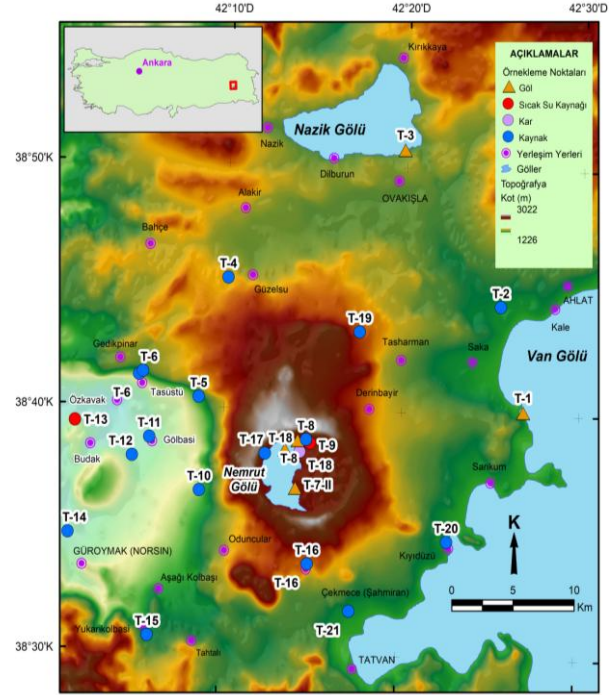
karşılatabilmek için su kaynaklarından optimum düzeyde yararlanabilmek amacıyla araştırmaların yapılması önemlidir.

Türkiye’de çapı 1 km² den büyük 104 adet doğal göl bulunmaktadır. Bu göller içinde değişik amaçlar için kullanılan (tuz, soda üretimi vs.) göller bulunmakla beraber sulama ve kullanım amaçlı olarak işletilenleri de vardır. Türkiye gölleri ülke su kaynakları açısından önemli bir yere sahip olmasının yanı sıra, gerek morfolojik gerekse hidrolojik açıdan farklı karakterlere sahiptir. Oluşumları, suların kimyasal ve morfometrik (derinlik ve boyut gibi) özellikleri açısından farklılık gösteren göller, bu yönleri ile birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir [3].

Van Gölü ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen 15 km batısındaki Nemrut Gölü bu açıdan detayları fazla bilinmeyen bir göl olarak görünmektedir. Nemrut Kalderası içinde iki farklı karakterde göl bulunmaktadır. Kabaca soğuk ve sıcak su olarak ayırtılabileceğimiz iki gölü oluşturan suyun kökeninin benzer ancak farklı beslenme mekanizmalarına sahip olduğu düşünülmektedir. Göreceli olarak hem tuzlu ve hem de sıcak olan gölün kıyısında ve kıyıya yakın uzaklıklarda sıcak su çıkışları gözlenmektedir. Değişik çalışmalarda sınırlı sayıda hidrojeokimyasal örnekleme ile Nemrut Gölü’nün kimyasal kompozisyonu tanımlanmaya çalışılmıştır [3-5]. Bu makale kapsamında Nemrut Kaldera göllerinin boyutları, su potansiyeli olarak hacmi ve yenilenme süreci ile ilgili fikir üretilmeye çalışılmıştır. Kaldera içinde hidrojeolojik açıdan beslenme/boşalım ilişkileri açıklanmış ve çevredeki kaynaklar ile göl suyu arasındaki ilişki/ilişkisizlik belirlenmiştir. Bu amaçla göl sularının kimyasal özellikleri ve içme, sulama ve kullanım suyu açısından potansiyelleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın benzer yapıdaki volkanik göllerin araştırılmasına katkıda bulunması hedeflenmektedir.

Çalışma kapsamında 2002 ve 2004 yılının Ağustos-Eylül aylarında arazi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda hidrojeokimyasal örnekleme ve batimetrik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Suların özellikleri ve içerdikleri bazı bileşenlerin miktarı, örnek alınmadan beş-on dakika veya birkaç saat sonra önemli ölçüde değişmektedir. Bu özellik ve bileşenlerin arazide yerinde ölçümü, eğer güvenilir veriler isteniyorsa, zorunludur [6, 7]. Sularda kısa sürede değişen parametrelerin (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen) ölçümü arazide su noktasından örnek alımı sırasında yapılmıştır. Tatlı ve acı su gölünün örnekleme yüzeyindeki asılı materyallerden korunmak için yüzeyin yaklaşık 50 cm altından yapılmıştır. Yerinde yapılan ölçümler/örnekleme kirlenmeyi önlemek açısından kapasitesi elverdiği ölçüde UKAM Hidrojeoloji Laboratuvarlarında bu amaç için kullanılmakta olan peristaltik pompa aracılığı ile yüzeye çekilen göl sularında yapılmıştır. Ölçülen parametreler derinlik, Sıcaklık (T), Elektriksel

iletkenlik (Eİ), Toplam Çözülmüş Katı (TÇK), pH/ORP, Çözülmüş Oksijen (ÇO) dir. Bu sonuçlara bağlı olarak göl kimyasını temsil edici noktalardan hidrojeokimyasal amaçlı örnekleme yapılmıştır (Şekil 1). Derinliğin fazla olmadığı tuzlu su gölünde batimetri, ölçüm ve örnekleme çalışmaları benzer şekilde yapılmış ancak derinlik boyunca örnekleme yapılmamıştır. Mevsimsel etkileri gözlemlemek amacı ile ikinci bir arazi çalışması için planlama yapılmış ancak gerçekleştirilememiştir. Bu çalışmanın diğer bir amacı da alanda çalışmayı düşünen araştırmacıların temel olarak kullanabileceği batimetrik ve ilkel hidrojeolojik verilerin kullanıma sunulmasıdır.



Şekil 1. Nemrut Kalderası Yer Bulduru ve Örnek Lokasyonları

Kaldera içindeki göller ile birlikte kaldera içinde ve dışında hidrojeolojik açıdan ilişkisi olduğu düşünülen kaynaklar hidrojeokimyasal amaçlı örnekleme ve yerinde fiziksel ölçümler yapılmıştır. Sonuç olarak Nemrut Kalderası içinde bulunan iki adet göle ait hidrojeokimyasal veriler ve göllerin fiziksel özellikleri elde edilmiştir. Bu verilerin ışığında göllerin su kaynağı olarak kullanım potansiyelleri incelenmiştir.

Nemrut Kalderası çevresinin jeolojisi ve volkanizması üzerine Özpeker [8], Le Pennec [9], Yılmaz vd. [10] gibi araştırmacıların kısmi çalışmaları vardır. Degens and Kurtman [11] tarafından editörlüğü yapılan çalışmada Van Gölü ve çevresine ait kapsamlı jeolojik bilgiler verilmektedir. Bu derlemede araştırmacılar tarafından Van Gölü'ne ait farklı amaçlı çalışmalar toplanmıştır. Bu çalışmalarda, Van Gölü'nün batimetrisi ve havadan bölgenin manyetik incelenmesi yapılmış, Van Gölü drenaj alanı ile çevresinin hidrografyası çıkarılmış, Van Gölü sularının hidrojeokimyasal ve izotop içerikleri

incelenmiş ve göl su bütçesi çıkarılmıştır. Bu kapsamda Nemrut Gölü suyu da örneklenmiş ve genel karakteri verilmiştir. Ancak Nemrut Kalderası ile ilgili detaylı bir hidrojeolojik çalışma yapılmamıştır.

Türkiye gölleri ile ilgili olarak son yıllarda yapılan çalışmalardan en önemlileri Kazancı vd. [12] ve Kazancı vd. [13] olarak gösterilebilir. Kazancı vd. [12] da Köyceğiz, Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber, Çorak, Kovada, Yarıklı, Bafa, Salda, Karataş, Çavuşçu Gölleri, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı, Karamuk Bataklığının ve yine Kazancı vd. [13]'de Burdur Gölü ve Acıgöl'ün limnolojisi ile çevre kalitesi ve biyolojik çeşitliliği incelenmiştir. Bunların dışında münferit çalışmalar yapılmış olmakla birlikte bir bütünlük gösteren yukarıdaki çalışmalar dikkate değerdir. Nemrut Kalderası ve çevresinde yapılan çalışmalar genellikle jeoloji, jeomorfoloji ve volkanoloji ile ilgili çalışmalardır. Literatürde Nemrut Kalderası'nın hidrojeolojisine yönelik yapılmış özel bir çalışmaya rastlanmamıştır ve bu nedenle genel sistemi tanımlamak olanaklı olmamaktadır. Güler ve Dirican [4] tarafından gerçekleştirilen "*Van Gölü ve Çevresindeki Suların İzotopik ve Kimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Su Dengesinin İncelenmesi*" başlıklı çalışmada Van Gölü ve Van Gölü'ne boşalan yüzey sularından hidrojeokimyasal amaçlı örneklemeler yapılmış ancak, Nemrut Gölü Van Gölü sistemi içinde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Nemrut Kalderası'nın hidrojeolojisine ve içinde bulunan göllerinin hidrojeolojik açıdan tanımlanmasına yönelik özel bir çalışma yapılmamıştır.

Nemrut Dağı Bitlis İli Tatvan İlçesi sınırları içinde volkanik kökenli bir oluşumdur. Nemrut Kalderası içinde mevsimsel ve kalıcı göller bulunmaktadır. Volkanik aktivitenin yaklaşık 1 milyon yıl önce başladığı ve 1441, 1597 ve 1692 yıllarında aktif hale geçtiği belirtilmektedir [14]. Volkan konisinin en yüksek kotlarını birleştiren elipsoidin eksenleri 8.4 ve 7 km ve yaklaşık alanı ise 488 km²'dir. Kaldera içinde büyük bir göl ile 4 adet sıcak gölcük bulunmaktadır. Göllerden ikisi mevsimlik karakterde olup yağış ve eriyen kar sularının yüzeyde birikmesi sonucu oluşmaktadır. Göllerden süreklilik gösteren birinde sıcak su çıkışları izlenmekte, diğer göl ise tatlı su karakterindedir. Doğu Anadolu'da yerleşim yerleri için tehlikeli sayılabilecek volkanın içinde günümüzde hidrotermal ve fümerolik çıkışlar ile düşük seviyede de olsa volkanik sismik aktivite sürmektedir [14]. Ayrıca, bölgenin tarihi ile ilgili olan Şerefname adlı kitapta da (1597 yılı), Nemrut'un kuzey yamacında bulunan bazaltik lav yayılmaları doğrudan gözlem olarak sunulmaktadır [15]. Ayrıca bir dom üzerinde de sıcak gaz çıkışları izlenmektedir. Bu durum gözönüne alındığında Nemrut Kalderası içindeki gaz ve sıcak su çıkışları, kaldera içi faaliyetlerin çok genç ve bol miktarda oluşu, kaldera içinde önemli bir su varlığı gibi özellikleri vardır. Nemrut aktif bir volkan olup, yaklaşık 150000 vatandaşımız doğrudan doğruya Nemrut'un etkisi altında yaşamaktadır.

Yukarıda açıklanan nedenlere dayalı olarak Nemrut Kaldera göllerinin hidrojeolojik açıdan tanımlanması özel bir anlam kazanmaktadır. Batimetri çalışması ile tanımlanan geometrik özellikler hem rezerv olarak kullanımı planlanmasını ve hem de gelecekte ortaya çıkması muhtemel kullanım problemlerinin çözülmesini sağlayacaktır. Su kaynakları planlamasında önemli olan temel bilgiler de elde edilmiş olacaktır. Çalışma sonunda oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veri tabanı, bu çalışma boyunca üretilen verileri içermektedir. Alanda çalışmak isteyen araştırmacılar yerinde yapılan batimetrik değerlere, arazi ölçümlerine, laboratuvar analiz sonuçlarına ve hesaplanan konumsal hidrojeolojik verilere kolaylıkla ulaşabileceklerdir.

Nemrut Kalderası gölleri ve çevresindeki kaynakların hidrojeolojik ilişkileri ve su kaynağı potansiyellerini araştırmak üzere hidrojeokimyasal teknikler kullanılmıştır. Kaldera dışındaki kaynaklar ile göllerin beslenme kaynaklarının aynı ya da farklı olması göl suyunun kullanımını sınırlayacak önemli bir bulgudur. Kaldera dışındaki kaynakların krater göllerinden beslendiği düşüncesi yaygın bir kanıdır. Bunun dışındaki alternatif ise hem göllerin ve hem de çevre kaynakların benzer beslenme mekanizmaları olmasıdır. Bu durumda göl suyunun yıllık beslenimi düşük olabilir ve bölge için önemli bir su kaynağı olarak kullanımı söz konusu olmayabilir. Ayrıca tatlı su gölü içindeki kimyasal farklılık gösteren ve sıcak su çıkışının gerçekleştiği zonların varlığının belirlenmesi durumunda su kaynağı olarak kullanımı zorlaşabilecektir. Bir su kaynağı planlamasında temel amaç doğal denge ve güzelliklerin korunarak yararlanılması olmalıdır. Eğer ülkemizin korunması gereken doğal güzellikleri ve kaynakları geri dönülmez bir şekilde örselenirse gelecek kuşakların iyileştirmesinin zor olacağı bir çevre bırakılmış olacaktır. Bu yaklaşımla Nemrut gölleri ve çevre kaynakların özelliklerinin iyi tanımlanması gerekmektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Türkiye'nin önemli su kaynağı potansiyeli olarak düşünülen Nemrut kraterindeki göllere ait fiziksel ve kimyasal özelliklerin açıklanması ve göllerin su kaynağı olarak potansiyellerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma alanı ülkemizin doğusunda ve karasal iklimin hakim sürdüğü bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle kış dönemi arazi çalışması yapmaya olanak vermemektedir. Kar örtüsü Nemrut Kalderasında Haziran-Temmuz sonlarına kadar kalmaktadır. İkinci altı aylık kesiminde ise arazi çalışması ve bunun sonucunda üretilecek verilerin değerlendirilmesi söz konusu olmuştur. Bu amaçla Ağustos-Eylül 2002 döneminde yapılan arazi çalışmasında kaldera gölleri ve çevresindeki kaynaklarda hidrojeokimyasal örneklemeler yapılmıştır. Arazide elde edilen veriler değerlendirmiş ve Nemrut Kalderasındaki hidrojeolojik sisteme ait ipuçları değerlendirilmiştir.

Göllerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacı ile 2004 yılının Ağustos ayında her iki gölün batimetrik ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Su noktalarından ölçüm ve örnekleme çalışmaları ile kimyasal analizler APHA et al [7], Gamsız ve Ağacık [16] ve Scalf et al [17] tarafından verilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme sırasında her bir su noktasından anyon ve katyon analizleri için 125 ml'lik çift kapaklı plastik örnek şişeleri kullanılmıştır. Anyon ve katyon örnekleri 45 µ'luk kağıt filtre ile süzülüş ve katyonlar ve iz element analizi için alınan su örneklerine pH<2 olacak şekilde nitrik asit (HNO₃) veya sülfürik asit (H₂SO₄) eklenmiştir.

Analitik hataların saptanmasında yine APHA et. al. [7]' de önerilen standart yöntemler kullanılmıştır. Analitik hata tüm sular için en fazla %5 olmuştur.

Arazi çalışması süresince toplam 23 noktada (Tablo 1, 2, 3 ve Şekil 1) hidrojeokimyasal amaçlı örnekleme ve ölçüm yapılmıştır. Tuzluluk, elektriksel iletkenlik (Eİ) ve sıcaklık Yellow Springs Instruments™ (YSI) Model 33 SCT metre ile yapılmıştır. Çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri ise YSI Model 54 Oksijen metre ve pH değerleri ise ORION™ Model 290A sayısal pH metre ile ölçülmüştür. Klorür içeriği arjantometrik titrasyon, alkalinite asit kullanılarak Gran Potansiyometrik Titrasyon yöntemi ile, sülfat BaCl₂ metodu ve Bauch-Lomb Spectrofotometresi ile, Ca, Mg, Na ve K Perkin-Elmer AAS Model 2380 Atomik Absorbsiyon aleti ile ölçülmüştür. Analizlerin tümünde APHA et al. [7] in önerdiği standart yöntemler kullanılmıştır. Hidrojeokimyasal analizler Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Su

Kimyası Laboratuvarlarında yapılmıştır. Batimetri ölçümlerinde Garmin GPS 235 model GPS Sounder kullanılmıştır.

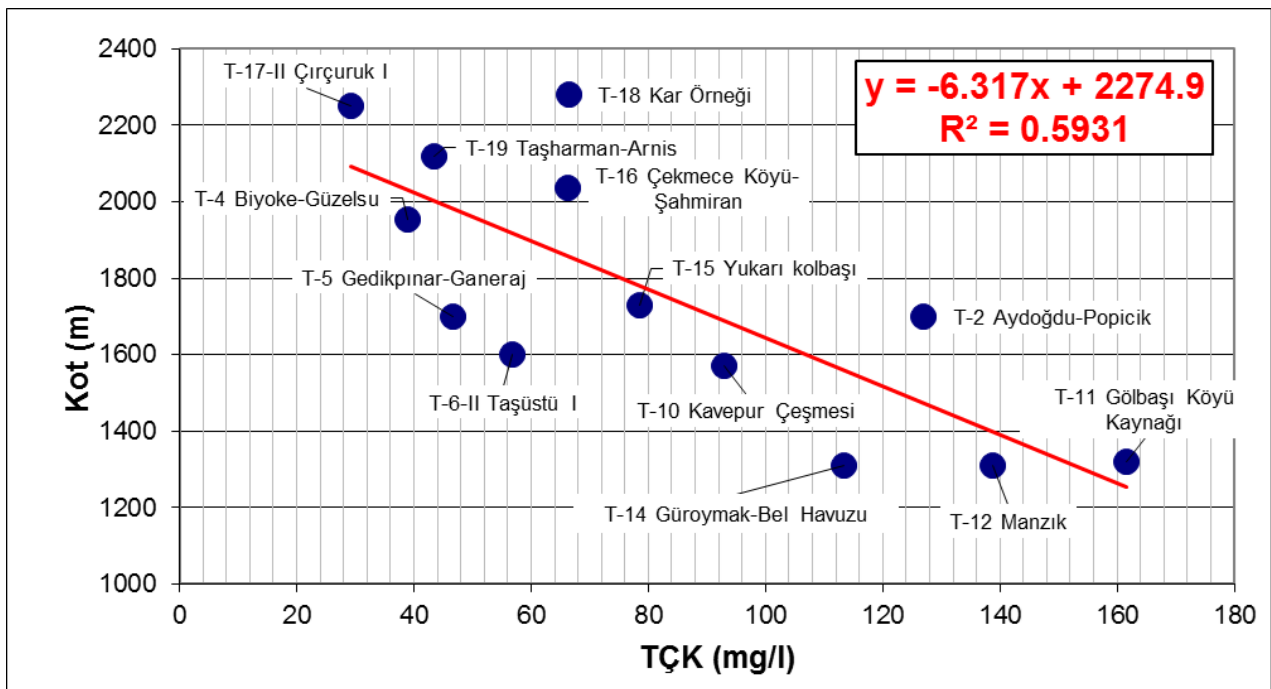
3. Bulgular

3.1. Hidrojeokimya

Alınan su örneklerine ait yerinde yapılan ölçümler ve su kimyası analiz sonuçları Tablo 1' de verilmiştir. İnceleme alanındaki suların kökensele ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla dairesel diyagramları çizilmiş ve benzer karakterdeki su örnekleri ayrılanmıştır.

Tablo 1 ve 2' deki örnek lokasyonları toplam çözünmüş madde içeriğine göre sıralanmıştır. Burada amaç yeraltısuyunun dolaşım içinde kalma süresini yansıtan iyon içeriği-kot ilişkisini gözlemlemektir. Böylece beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru yeraltısularının iyon içeriği açısından izlenmesi mümkün olacaktır. Bu ilişkiyi Toplam Çözünmüş Madde (TÇK)-Kot ilişkisinden açıkça görmek mümkündür (Şekil 2).

Bu grafikteki örnekler Tablo 1 ve 2' deki kaynakları temsil eden ve sadece yağış ile beslendiği düşünülen ve karışıma uğramamış sıra numarası 1-13 arasındaki olanları kapsamaktadır. Su örneklerinin akış yolunun uzunluğu ile içerdiği mineral miktarı arasındaki doğrusal ilişkiyi yansıtmaktadır. Nemrut krateri ve çevresindeki yüksek kotlardan gerek yağış ve gerekse göl suyu olarak yeraltısuyu sistemine katılan suların evrimine ilişkin ipuçları vermektedir. Bu suların aşağı kotlara doğru hareketi ile mineral içeriğinin arttığını göstermektedir.



Şekil 2. Çalışma alanındaki kaynaklara ait TÇK-Kot grafiği

Kot ile TÇK arasındaki ilişki doğrusal bir denklem ile ifade edildiğinde aşağıdaki eşitliği vermektedir;

$$\text{Kot(m)} = -6.317 \times \text{TÇK (mg/l)} + 2274.9 \quad (1)$$

Bu eşitlikte korelasyon katsayısı ise 0.77 'dir ve mevsimsel ölçümler ve analizler yapılarak doğrulanmalıdır. Bu hali ile yeraltısuyunun sistemin içinde dolaştığı her 100 m kot aralığında bünyesine 16 mg/l çözünmüş madde katmaktadır. Bu ilişki, Nemrut göllerinden su kaynağı olarak yararlanılması

düşünüldüğünde ileri hidrojeolojik ve izotop çalışmaları ile daha kesin olarak ifade edilebilir.

Doğal suların oksijen içeriği hidrojeolojik çalışmalarda aydınlatıcı bilgiler verebilmektedir. Yüzeysel sularında ise ölçüm anında oksijen üreten ve tüketen süreçlerin dengesini gösteren bir indikatör olarak kullanılabilir [18]. Çözünmüş oksijen değerleri sucul yaşamın sürdürülmesi ile ilgili olarak çok önemli ve gerekli bir parametredir.

Tablo 1. Örneklemeye yapılan lokasyonlar

Sıra	Kod	Ad	Tip	Tarih gg/aa/yyyy	Kot (m)
1	T-18	Kar Örneği	Kar	05/09/2002	2280
2	T-17	Çırçuruk I	Kaynak	05/09/2002	2252
3	T-19	Taşharman-Arnis	Kaynak	05/09/2002	2120
4	T-16	Çekmece Köyü-Şahmıran	Kaynak	05/09/2002	2036
5	T-4	Biyoke-Güzelsu	Kaynak	31/08/2002	1954
6	T-15	Yukarı kolbaşı	Kaynak	04/09/2002	1730
7	T-2	Aydoğdu-Popicik	Kaynak	31/08/2002	1699
8	T-5	Gedikpınar-Ganeraj	Kaynak	31/08/2002	1699
9	T-6I	Taşüstü I	Kaynak	01/09/2002	1599
10	T-10	Kavepur Çeşmesi	Kaynak	04/09/2002	1571
11	T-11	Gölbashi Köyü Kaynağı	Kaynak	04/09/2002	1319
12	T-14	Güroymak-Bel Havuzu	Kaynak	04/09/2002	1311
13	T-12	Manzık	Kaynak	04/09/2002	1309
14	T-7-I	Nemrut Gölü Güney	Göl	03/09/2002	2231
15	T-7-II	Nemrut Gölü Kuzey	Göl	03/09/2002	2231
16	T-3	Nazik Gölü	Göl	31/08/2002	1819
17	T-20	Kıyıldüzü	Kaynak	05/09/2002	1655
18	T-21	Şifalı su	Kaynak	05/09/2002	1679
19	T-9	Sıcak su gölü	Göl	03/09/2002	2256
20	T-8	Sıcak su gölü	Kaynak	03/09/2002	2256
21	T-13	Budaklı-Hamam	Kaynak	04/09/2002	1293
22	T-22	Budaklı-Kaynak	Kaynak	04/09/2002	1290
23	T-1	Van Gölü	Göl	05/09/2002	1646

Tablo 2. Örneklemelerin yerinde ve laboratuvarında yapılan ölçüm sonuçları

Kod	Yerinde yapılan ölçümler					Laboratuvar Ölçümleri							
	T °C	Eİ (25°C) µS/cm	TÇK mg/l	pH	ÇO mg/l	Cl mek/l	CO ₃ mek/l	HCO ₃ mek/l	SO ₄ mek/l	Ca mek/l	Mg mek/l	Na mek/l	K mek/l
T-18	-	104	67	7.92	nm	0.15	-	0.57	0.03	0.29	0.07	0.22	0.11
T-17	7.0	46	29	6.32	9.0	0.02	-	0.31	0.04	0.09	0.02	0.18	0.04
T-19	7.2	68	44	6.38	9.3	0.04	-	0.33	0.09	0.12	0.03	0.20	0.09
T-16	8.0	103	66	6.98	9.4	0.05	-	0.48	0.10	0.16	0.05	0.26	0.14
T-4	7.0	61	39	6.80	8.4	0.01	-	0.35	0.08	0.15	0.06	0.14	0.05
T-15	6.7	123	78	6.88	10.4	0.03	-	0.75	0.10	0.56	0.15	0.10	0.03
T-2	9.5	198	127	7.52	8.8	0.32	0.53	1.05	0.06	0.65	0.40	0.64	0.46
T-5	8.5	73	47	6.99	4.9	0.03	-	0.41	0.06	0.13	0.04	0.25	0.07
T-6I	8.0	89	57	7.20	6.4	0.03	-	0.62	0.06	0.16	0.09	0.35	0.07
T-10	12.2	145	93	7.10	6.1	0.10	-	0.70	0.53	0.60	0.32	0.24	0.10
T-11	12.0	252	161	5.84	9.8	0.08	0.61	1.84	0.07	0.72	0.67	0.98	0.21
T-14	11.0	177	113	7.15	8.8	0.05	0.26	1.05	0.12	0.78	0.36	0.26	0.08
T-12	10.0	217	139	6.58	6.5	0.12	0.70	1.36	0.10	0.52	0.30	1.41	0.12
T-7-I	20.0	436	279	8.40	6.6	0.52	1.23	3.29	0.23	1.07	0.49	3.72	0.18
T-7-II	19.5	447	286	8.43	6.4	0.51	1.75	2.81	0.22	1.05	0.53	3.77	0.19
T-3	23.0	265	170	8.86	12.0	0.32	0.61	2.11	0.18	1.00	0.74	1.48	0.28
T-20	11.0	749	480	6.21	8.4	4.35	0.70	1.75	1.17	1.35	0.58	5.56	0.24
T-21	13.5	1088	696	5.64	1.2	1.38	1.58	10.61	0.07	3.54	3.99	4.92	0.23
T-9	23.0	1247	798	7.67	8.3	1.12	3.68	10.53	0.02	1.20	0.82	12.11	0.59
T-8	41.2	1453	930	6.11	0.5	1.91	4.56	10.97	0.03	1.45	0.66	13.71	0.90
T-13	37.7	2296	1469	6.01	0.8	2.29	4.39	20.97	0.00	5.44	6.25	14.12	1.38
T-22	37.2	2314	1481	5.95	0.6	2.31	4.56	20.53	0.01	5.04	6.42	14.23	1.41
T-1	21.0	25974	16623	10.03	7.4	190.13	106.14	28.95	47.05	0.27	5.02	332.90	10.10

Çözünmüş oksijen miktarı ile (1) akiferdeki anaerobik ortam, (2) ortamdaki biyolojik aktivite veya kirli atıklar (3) baskın akım rejimi örneğin kanal akımı (4) çoğunlukla çok az ya da hiç oksijen içermeyen basınçlı akiferlerin varlığı (5) akifer içindeki farklı su katmanlarının belirlenmesi olasıdır [19].

Atmosferik hava ile dengede olan yağış ve yüzey suları oksijene doymun hale gelirler. Çözünen oksijen miktarı yüksekliğe bağlı basınç, sıcaklık ve tuzluluğa bağlı olarak değişir. Yeraltısuyunun olası beslenme bölgesinde içermesi beklenen oksijen miktarı sıcaklığa bağlı olarak hesaplanabilir [19].

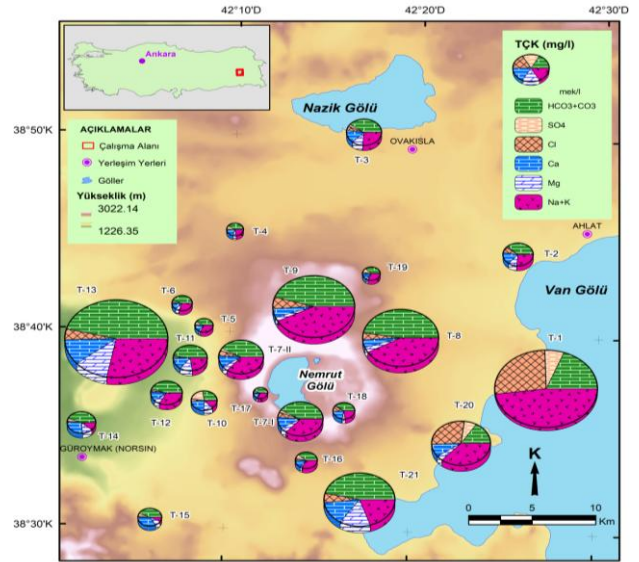
Yüzey ve yeraltı sularında arazide ölçülen değer ile hesaplanan değerler arasındaki fark kayaçlar ile temas ve biyolojik aktiviteler ile kullanılan miktarın hesaplanmasında kullanılabilir. Kullanılan oksijen miktarı yeraltısuyunun göreceli yaşı ile ilgili fikir de verebilir. Uzun yıllar yeraltında kalan suların oksijen değerleri daha düşük olacaktır [19].

Tablo 2'deki arazide ölçülen ÇO değerleri incelendiğinde örneklenen yeraltı sularının göreceli olarak genç kısa dolaşımli sistemleri temsil ettiği görülmektedir. Yine yeraltısuyunun dolaşım yolu boyunca oksidasyona yol açabilecek organik materyal ve pirit ve siderit gibi minerallerin az olduğunu ya da bulunmadığını işaret etmektedir [18]. Sıcak suların düşük ÇO içerikleri ise derin dolaşıma sahip olmaları nedeni ile oksidasyona neden olan kayaç etkileşimlerinin varlığını ve suyun dolaşımı süresince oksijenin kullanıldığını göstermektedir.

Yeraltısuları ve yüzey suları arasındaki olası kökensel ilişkiyi belirlemek üzere dairesel diyagramlar çizilmiş ve haritada gösterilmiştir (Şekil 3).

Tablo 3. Örneklemelerin hesaplanan değerleri

Kod	Denge %	%Na	SAR	Anyon	Katyon
T-18	3.4	31.6	0.5	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Na>K>Mg
T-17	3.6	54.2	0.8	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>K>Mg
T-19	3.3	45.4	0.7	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>K>Mg
T-16	2.8	42.7	0.8	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>K>Mg
T-4	4.2	35.4	0.4	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Na>Mg>K
T-15	1.6	11.4	0.2	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na>K
T-2	-4.8	29.7	0.9	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Na>K>Mg
T-5	2.1	51.7	0.9	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>K>Mg
T-61	3.1	52.2	1.0	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na>Ca>Mg>K
T-10	2.6	19.0	0.4	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na>K
T-11	0.6	38.0	1.2	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
T-14	-0.2	17.5	0.3	HCO ₃ >CO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na>K
T-12	-1.7	60.1	2.2	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
T-7-I	-2.0	68.0	4.2	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
T-7-II	-2.4	68.0	4.2	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
T-3	-4.2	42.3	1.6	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
T-20	1.5	72.0	5.7	Cl>HCO ₃ >SO ₄ >CO ₃	Na>Ca>Mg>K
T-21	3.6	38.8	2.5	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Mg>Ca>K
T-9	2.1	82.3	12.0	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>Mg>K
T-8	2.2	82.0	13.4	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Ca>K>Mg
T-13	0.8	51.9	5.8	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Mg>Ca>K
T-22	0.6	52.5	5.9	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Na>Mg>Ca>K
T-1	3.3	95.6	204.7	Cl>CO ₃ >SO ₄ >HCO ₃	Na>K>Mg>Ca



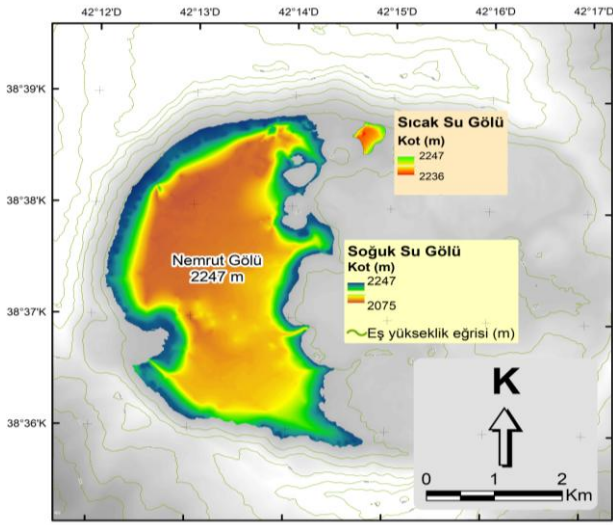
Şekil 3. Örnek noktalarına ait dairesel diyagramlar

Şekil 3 ve Tablo 3'de görüldüğü üzere kaldera içinde ve dışındaki soğuk olarak nitelendirilebileceğimiz kaynakların genel karakteri Na-HCO₃ ve Ca-Na-HCO₃ tipi sulara işaret etmektedir. Bu kombinasyon ise çalışma alanını kaplayan ve feldispatça zengin volkanik kökenli kayaçlarla temas sonucunda suyun bünyesine Na ve Ca iyonlarının alması ve bu iyonlar açısından zenginleşmesinin söz konusu olabileceğini göstermektedir. Van Gölü (T-1) ve Kıyıldüzü kaynağı (T-20) ise Cl miktarının fazlalığı ile dikkat çekmektedir ve karışım-buharlaştırma süreçlerinin etkisi altında olduklarını göstermektedir. Kalderadan uzaklaştıkça ve hakim jeolojik birimlerin değiştiği alanlarda örneğin T-15 Yukarı Kolbaşı gibi örneklerde olduğu gibi farklı hakim iyon içeriğine sahip kaynaklar gözlenmektedir. Kaldera içinde ve çevresindeki kaynakların ve göllerin benzer karakterde fasiyeler göstermesi benzer jeolojik birimler ile temas ettiği, benzer dolaşım sistemleri ve benzer beslenme mekanizmalarına sahip olduklarını göstermektedir.

3.2. Göl batimetrisi

Nemrut krater göllerinin derinliklerinin alansal yayılımlarını belirlemek üzere Ağustos-Eylül 2004 dönemi arazi çalışması yapılmıştır. Göl batimetrisi ve dolayısıyla hacminin çıkarılması için Garmin GPS 235 Sounder cihazı kullanılmıştır. Ölçüm aletinin konum belirlemede yaptığı hata gördüğü uydu sayısına göre 1 ile 15 m arasında değişmektedir. Derinlik ölçümlerindeki hassaslığı ise 0.1 m olarak verilmektedir. Batimetre ile ilgili çalışmalara genel olarak Ulusoy vd. [20, 21] tarafından yapılan çalışmalarda değinilmekle birlikte detayları burada irdelenmiştir. Nemrut Gölünde 20075 ve sıcak su gölünde ise 2238 noktada derinlik ölçümü alınmıştır. Ölçümler içinde hatalı olan veriler ayıklanmış ve konumsal veriler ArcMap 10.3 programında değerlendirilmiştir. Noktasal veriler sonlu farklar yaklaşımı ile uzamsal olarak dağıtılmış ve göllere ait

batimetri haritaları oluşturulmuştur. Batimetri haritaları Şekil 4 'te verilmiştir.

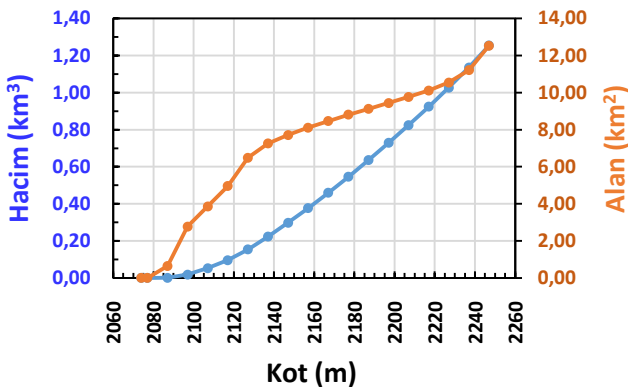


Şekil 4. Sıcak ve soğuk su gölleri batimetri haritası

Noktasal olarak yapılan ölçümlerde en derin noktalar Nemrut Gölü'nde 176 m, sıcak su gölünde ise 11 m olarak belirlenmiştir.

Batimetri haritasının değerlendirilmesi sonucunda yine ArcMap 10.3 programı kullanılarak su derinliğine bağlı olarak hesaplanan Kot-Alan-Hacim grafiği Şekil 5' de verilmiştir.

Nemrut Gölü'nün 2247m kotundaki alanı 12.52 km² ve toplam su hacmi ise 1.25 km³ olarak hesaplanmıştır. Gölün değişik kotlardaki hacimleri aynı zamanda gerektiğinde kullanım potansiyelini göstermektedir. Ancak burada doğal dengenin korunması çok önemlidir. Bu nedenle sürdürülebilir kullanım miktarının belirlenebilmesi için hidrolojik gözlemler ve özellikle uzun dönemli göl seviye rasatlarına ihtiyaç vardır.



Şekil 5. Nemrut Gölüne ait Kot-Alan-Hacim Grafiği

3.3. Suların içme ve sulamada kullanılabilirlikleri

Nemrut tatlı su Gölü'nün ve çevresindeki kaynakların su kalitesi içme ve sulama suyu kullanımı açısından uygunluğu incelendiğinde çoğunun uygun olduğu görülmektedir. Sulama suyu toprağa verildiği zaman bir kısmı bitki tarafından alınır, bir kısmı buharlaşır

ve bir kısmı yeraltına süzülür. Süzülen bu suyun içinde bulunan eriyebilir tuzlar kök bölgesinden uzaklaştırılmazsa toprakta birikir ve tuz miktarı artar [22]. Toplam tuz konsantrasyonu suyun elektriksel iletkenliğinin ($\mu\text{S}/\text{cm}$) bir fonksiyonudur. Genel olarak elektriksel iletkenliğin %65-70'i suların bünyesindeki TÇK miktarını verir. Tarımda kullanılan sulama sularının çoğunun Eİ 'si 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ den daha azdır [22, 23, 24, 25]. Çoğu kaynak sularının Eİ değeri ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramlarında önerilen 5000 ve 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' den daha azdır. Sulama suyu kalitesi elektriksel iletkenliğin yanında suyun sodiklik yönünden de incelenmesini gerektirir. Sulama suyundaki Na miktarı Ca+Mg miktarına göre fazla ise suda sodiklik tehlikesi var demektir. Sulama suyunda Na miktarının yüksek olması toprakta kation yer değiştirmesine neden olur ve özellikle H iyonunun atması sonucunda toprağın asidik bir hale gelmesine neden olabilir. Ayrıca fazla miktarda Na içeren topraklar sulanınca toprak tanecikleri birbirine yapışır ve suyun ve havanın toprak içindeki hareketini önler ve toprağın geçirgenliğini azaltır [22, 25]. Sulama suyundaki Na miktarının değerlendirilmesinde kullanılan en önemli kriter sodyum absorpsiyon oranıdır (SAR) ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır [23-25];

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \text{ (mek / l)} \quad (2)$$

ABD tuzluluk diyagramının ana bileşenlerinden biri olan SAR değeri, Sıcak su Gölü ve Van Gölü'ne ait değerler hariç, diğer tüm sular için 10' un altındadır. Bu da göl sularının sulama suyu olarak az sodyumlu sular sınıfına girdiğini ve hemen bütün topraklarda sulama için kullanılabileceğini göstermektedir. Zararlı derecede alkalilik yaratma derecesi çok azdır. Bir diğer grafiksel yaklaşım Na yüzdesinin kullanıldığı Wilcox diyagramıdır. Bu grafiksel yaklaşımda kullanılan ana parametre Na yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanır [23, 24, 25];

$$Na \text{ (\%)} = \frac{Na}{Na + Mg + Ca + K} \times 100 \text{ (mek / l)} \quad (3)$$

Çalışma alanındaki sular SAR değerleri ile benzer şekilde sıcak su gölü ve Van Gölü hariç "Çok iyi-iyi kullanılabilir" sınıfta yer almaktadır. Ayrıca içilebilir suların fiziksel ve ölçülen iyon içerikleri açısından değerlendirildiğinde içme suyu niteliğine sahiptir ve TSE [26, 24] içme suları standart değerleriyle uyumludur. Doğal suların içme suyu kalitesi ile ilgili değerlendirmeleri ve yöntemleri Davraz ve Ünver [24] çalışmasında ayrıntıları ile verilmiştir. Sıcak su gölü ise düşük su kalitesi ve düşük hacim değeri nedeniyle potansiyel bir su kaynağı olarak değerlendirilmemiştir.

İller Bankası' nın "İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite Ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartnamesi" nde nüfus aralığına göre kentsel bölgelerde kişi

başına su kullanım miktarları 80-140 l/gün/kşi olarak değişmektedir [27]. Ancak gelişmiş ülkelerde ve kentlerde kişi başı düşen su miktarı 500 litrenin üzerinde değerlere ulaşabilmektedir [28]. Çalışma alanının içinde bulunduğu il ve ilçelerindeki nüfuslar ve olası su ihtiyaçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Bitlis İli ve İlçe nüfusları [29]

Yerleşim	2015 Yılı Nüfusu	Su İhtiyacı (l/kişi/gün)	Yaklaşık İhtiyaç (l/yıl)
Adilcevaz	30917	80-100	1,015,623,450
Ahlat	38622	80-100	1,268,732,700
Güroymak	46428	80-100	1,525,159,800
Hizan	35765	80-100	1,174,880,250
Merkez	67373	100-120	2,705,025,950
Mutki	32159	80-100	1,056,423,150
Tatvan	89185	100-120	3,580,777,750
BİTLİS	340449	Ort. 100	12,326,623,050

Göl seviyesinin 1 m düşürülmesi sonucunda yaklaşık olarak 12.46×10^6 m³ (12.5×10^9 litre) su hacmine ve yaklaşık 400 l/s’ lik debiye karşılık gelmektedir. Kişi başı ihtiyaç ortalama 100 l/kişi/gün alındığında bu miktar su 341536 kişinin yıllık su ihtiyacını karşılama potansiyelini taşımaktadır. Bu miktar ile Bitlis ilinin ve çevresindeki ilçelerin içme suyu ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Göl seviyesini 1 m düşürdüğümüzde elde edeceğimiz su hacmi ile sulama modülü 1 l/s/ha alındığında yaklaşık olarak 395.30 ha alan yıllık olarak sulanabilecektir. Bu çalışmada örnek olması açısından 1 metrelik düşüm incelenmiştir ancak gerçekte yıllık değişimleri bu değerden çok farklı olabilir. Bu nedenle mevsimsel olarak ya da sürekli örnekleyiciler veya kaydediciler ile hidrojeokimyasal örnekleme ile meteorolojik ve hidrolojik gözlemler yapılarak kaldera göllerinin yıllık beslenmeleri ve göl seviyesindeki yıllık değişimler sağlıklı bir şekilde belirlenmelidir. Eğer yıllık beslenme değeri kullanılan sudan az olursa bir süre sonra geri dönülemez bir şekilde sisteme zarar verilmiş olur. Doğa harikası ve geleceğe miras olarak bırakılmasının daha doğru olduğunu düşündüğümüz Nemrut Kaldera gölleri ancak çok acil durumlarda su ihtiyaçları için kullanılmalıdır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma sonucunda Nemrut Krater göllerinin batimetrisi, çevre kaynaklarla beraber hidrojeokimyasal özellikleri ve su kaynağı olarak potansiyelleri incelenmiştir. İçme ve sulama suyu potansiyelleri belirlenmiştir. Nemrut Krateri içinde ve dışındaki kaynaklar örneklenmiş ve dolaşım mekanizmalarının anlaşılması için ilksel veriler üretilmiş ve ileride bu bölgede çalışma yapacak araştırmacılara temel bilgi sağlanmıştır. Bu kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması için krater ve çevresindeki hidrojeolojik yapının anlaşılması gerekmektedir ve mevsimsel gözlemler ile desteklenmelidir. Böyle bir çalışma Nemrut göllerinin yenilenme sürelerinin belirlenmesini ve aşırı

kullanımı engelleyecek tedbirlerin alınmasını sağlayacaktır. Benzer şekilde Doğu Anadolu bölgemizdeki büyük yerleşim yerlerinden biri olan Bitlis ili ve buna bağlı ilçelerin gelecekte karşılaşılabileceği su kaynağı problemine yönelik daha sağlıklı önerilerde bulunulabilecektir. Oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi veri tabanı ile geliştirilecek matematiksel modeller gereksinim duyulan zamanda uygun su kaynağından yararlanma koşullarının belirlenmesini kolaylaştıracaktır. Çalışma alanındaki karar vericilerin ellerinde hangi tür, ne miktarda ve ne kalitede su kaynağı olduğu konusunda temel veriler de elde edilmiş olacaktır.

Halihazırda, acil su ihtiyacı gereksinimi oluştuğunda Nemrut Gölü’nden her bir m’ lik düşüm karşılığında yaklaşık 12,5 milyon metreküp su elde etmek olası görünmektedir. Bu miktar ile 350.000 kişilik bir nüfusun içme ve kullanma suyu ya da 400 ha bir alanın yıllık sulama suyu ihtiyacını karşılamak olasıdır.

Bu çalışmanın ülkemizdeki volkanik ortamlarda bulunan gölleri karakterize eden özelliklerin tanımlanması için örnek bir uygulama olması arzulanmaktadır. Ülkemizdeki tatlı su kaynaklarının miktar ve kalite olarak potansiyellerinin belirlenmesi gelecekte olabilecek ihtiyaç değişikliklerine adaptasyonu kolaylaştıracaktır. Benzer şekilde iklimde olası değişimlere ve buna bağlı alınması gereken tedbirlere karşı hazırlıklı olmamızı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (03 G 074) nolu projesi ile desteklenmiştir. Çalışmanın farklı aşamalarında UKAM hidrojeokimya laboratuvarlarının analiz alt yapısından ve tamamlanmış olan Prof. Dr. Erkan Aydar tarafından yürütülen, Proje No.: 01 01 602 020, Aktif Nemrut Volkanı’nın Patlama Riskinin Etkin Olarak Gözlemlenmesi ve Sivil Savunma Koordinasyonu’nun Sağlanması” kapsamında geliştirilen alt yapı ve lojistik olanaklarından yararlanılmıştır.

Kaynakça

- [1] UN-Water and FAO. 2007. 2007 World Water Day: Coping with Water Scarcity: Challenge of the twenty-first century. <http://www.fao.org/nr/water/docs/escarcity.pdf> (Erişim Tarihi: 18.01.2017)
- [2] DSİ, 2017. Toprak Su kaynakları. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim Tarihi: 18.01.2017).
- [3] Bayari, C.S., Kurttaş, T. 2000. Türkiye Gölleri Hidrolojik, Hidrojeokimyasal, Jeokimyasal ve Çevresel İzotopik İncelenmesi Pilot Projesi, Köyceğiz Gölü, TÜBİTAK, Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu, Proje No: YDABÇAG-201, 143s.

- [4] Güler, S., Dirican, A. 1998. Van Gölü ve Çevresindeki Suların İzotopik ve Kimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Su Dengesinin İncelenmesi, TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Yayın no:920, 59s.
- [5] Gulec, N., Hilton, D.R., Mutlu, H. 2002. Helium isotope variations in Turkey: relationship to tectonics, volcanism and recent seismic activities. *Chemical Geology*, 187 (2002), 129-142.
- [6] USGS, 2003. Collection of Water Data by Direct Measurement, Section D Water Quality. ss66-90. Wood, W.W., 1976. Guidelines for collection and field analysis of ground water samples for selected unstable constituents: Techniques of Water Resources Investigations in the United States Geological Survey, Chapter D2, Book 1, U.S. Government Printing Office, Washington, 24s.
- [7] APHA, AWWA and WPCF, 1989. Standart Methods For The determination Of Water And Waste Water. 17th Edition. American Public Health Association Publication, Washington, 1391s.
- [8] Özpeker, I. 1973. Nemrut Yanardağının Petrojenezi. ITU Mad. Fak., Ofset Baskı Atölyesi, İTÜ Maden Fak., Yayın No:3-14, 70s.
- [9] Le Pennec, J.L., Aydar, E., Deniel, C., Feraud, J., Gourgaud, A. 1990. Aperçu sur le volcanisme quaternaire de l'est de la Turquie. *Bull. Sect. Volcan. De Soc. Geol. Fran.*, "Special Turquie", (1990)32-34.
- [10] Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F. 1998. Geology of the quaternary volcanic centers of the east Anatolia. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85(1998),173-210.
- [11] Degens, E. T., Kurtman, F. 1978. The Geology of Lake Van, MTA yayınları, no 169, Ankara, 158s.
- [12] Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., v Oğuzkurt, D., Mutlu, B., Dere, Ş., Barlas, M., Özçelik, M. 1999. Köyceğiz, Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber, Çorak, Kovada, Yarıklı, Bafa, Salda, Karataş, Çavuşçu Gölleri, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı, Karamuk Bataklığı'nın Limnolojisi, Çevre Kalitesi ve Biyolojik Çeşitliliği. Kazancı, N., ed., 1999. Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi IV, Form Ofset, Ankara, 372s.
- [13] Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., Oğuzkurt, D. 1998. Burdur Gölü ve Acıgöl'ün Limnolojisi, Çevre Kalitesi ve Biyolojik Çeşitliliği. Kazancı, N., ed., 1998. Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi III, İmaj Yayınevi, Ankara, 117s.
- [14] Ulusoy İ, Çubukçu E, Aydar E, Labazuy P, Ersoy O, Şen E, Gourgaud, A. 2012. Volcanological Evolution and Caldera Forming Eruptions of Mt. Nemrut (Eastern Turkey). *J Volcanol Geotherm Res.* 245-246(2012), 21-39.
- [15] Serafeddin H. 2009. Şerefname. Çev. C. Kabadayı, R. Katı, V. İlmen. Yaba Yayınları, 5 Cilt, 2648s.
- [16] Gamsız, E., Ağacık, G. 1981. Su ve Analiz Metodları: DSİ Genel Müdürlüğü Yayını, 158 s.
- [17] Scaf, M.R., McNabb, J.F., Dunlap, W.J., Cosby, R.L., Freyberger, J.S. 1981. Manual of ground-water quality sampling procedures. U.S Environmental Protection Agency, EPA-600/2-81-160, Oklahoma, 93s.
- [18] Hem, J.D. 1989. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, United States Geological Survey, Water -Supply Paper, 2254, Washington, 263s.
- [19] Mazar, E. 1991. Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, Burns&Smith Ltd., Open University Press, Great Britain, 275s.
- [20] Ulusoy, I., Ersoy, O., Labazuy, P., Aydar, E., Çubukcu, E., Bayhan, H., Gourgaud, A. and Kurttaş, T. 2006. Self-Potential and image analysis of Mount Nemrut (Eastern Turkey): An approach to the hydrothermal system Fourth Conference of Cities on Volcanoes, 23-27 January 2006, Ecuador, Quito.
- [21] Ulusoy, İ., Labazuy, P., Aydar, E., Ersoy, O. and Çubukçu, E. 2008. Structure of the Nemrut caldera (Eastern Anatolia, Turkey) and associated hydrothermal fluid circulation. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*,174-4(2008), 269-283.
- [22] Kızılkaya, T. 1988. Sulama ve Drenaj. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 390s.
- [23] FAO, 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage paper 29, Rev. 1, FAO, Rome, 174s.
- [24] Davraz, A. Ünver, Ö. 2014. İnegöl Havzası (Bursa) Hidrojeolojisi ve Yeraltısularının Kalite Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 18(2), 7-21.
- [25] Wilcox LV (1955) Classification and use of irrigation water. US Department of Agriculture, Circular no 969, Washington D.C., 21s.
- [26] TSE, 2014. İçme suları standardı. Türk Standartları Enstitüsü 1., Baskı TSE, TS 266/T1, 1-25, Ankara, 20s.
- [27] İlbank, 2013. İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite Ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname, İller Bankası A.Ş., 78s.
- [28] Gleick, P.H. 1996. Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. *Water Int.*, 21 (1996), 83-92.
- [29] TÜİK, 2017. Genel Nüfus Sayımı sonuçları, 1927-2000 ve Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçları, 2007-2015. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Erişim Tarihi: 18.01.2017).