

## Gümüşhane Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının İz Element ve Radyoaktivite İçerikleri

*Radioactivity Properties and Trace Element Contents of Mineral Waters in the Gümüşhane Vicinity*

**Fatma GÜLTEKİN, Remzi DİLEK**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl. 61080 Trabzon*

*Email: fatma@risc01.ktu.edu.tr, dilek@risc01.ktu.edu.tr*

### ÖZ

Gümüşhane ili yakın çevresinde bulunan Budak, Tekkeköy, Akgedik, Yıldız, Yeşildere, İnkılap ve Güvercinlik mineralli su kaynakları debileri 0.023-1.5 lt/sn, pH değerleri 6.12-6.57, sıcaklıkları 9.2-16.7 C arasında değişen, berrak ve ekşimsi tatta olan kaynaklardır. Bunlardan Güvercinlik ve Yeşildere mineralli su kaynakları ise yöre halkı tarafından içilmektedir. Çalışmanın amacı bu kaynakların içerik yönünden insan sağlığına uygunluk durumlarının belirlenmesi ve uygun nitelikte olanlarının ekonomiye kazandırılması için yapılacak yatırımlara bir temel oluşturmasıdır. Mineralli su kaynaklarının içme kalitesi açısından  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Cd^{+2}$ , As (total) gibi iz element ve toplam alfa ve toplam beta içerikleri incelenmiş ve içmeye uygunlukları araştırılmıştır. İz element içeriklerine göre Budak ve Akgedik mineralli suyunda  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ , Yıldız, İnkılap ve Güvercinlik mineralli sularında  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ , Tekkeköy ve Yeşildere mineralli sularında ise  $Pb^{+2}$ , değerlerinin WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve TS 9130 (Türk Standartlar Enstitüsü) (maden suyu içilebilir) standartlarındaki müsaade edilebilir değerler üzerinde olduğu görülmüştür.  $Cd^{+2}$  değeri ise Yeşildere ve Güvercinlik kaynaklarında standartlardaki sınır değerde, diğer kaynaklarda ise daha yüksektir. Radyoaktivite içeriklerine göre ise mineralli su kaynaklarının alfa aktivitelerinin 0.122-0.78 Bq/l arasında, beta aktivitelerinin ise 0.067-0.401 Bq/l arasında olduğu belirlenmiştir. WHO ve TS 9130'a göre incelenen kaynakların hepsinde alfa aktivitesi müsaade edilebilir değerler üzerindedir. Bu değerler kaynakların içilerek tüketilmesi durumunda sağlık açısından sorunlar yaratacağını göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Gümüşhane, iz elementler, mineralli sular, radyoaktivite

### ABSTRACT

*The mineral waters, Budak, Tekkeköy, Akgedik, Yıldız, Yeşildere, İnkılap, Güvercinlik have 0.023-1.5 liter/sec yields, 6.12-6.57pH, 9.2-16.7C temperature, clear and sourish taste in Gümüşhane City vicinity. Güvercinlik and Yeşildere mineral springs are used by people living there. These mineral waters are investigated drinking water quality.  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Cd^{+2}$ , As (total) and gross alpha and gross beta contents are studied and investigated suitability drinking. According to trace element contents  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  in Budak and Akgedik mineral waters,  $Fe^{+2}$   $Pb^{+2}$  in Yıldız, inkılap and Güvercinlik mineral waters,  $Pb^{+2}$  in Tekkeköy and Yeşildere mineral waters, exceed values in the WHO and TS 9130 standards. in the Yeşildere and Güvercinlik mineral waters  $Cd^{+2}$  content is maximum value in the standards. in the other mineral waters it is higher than this value. According to radioactivity contents, alpha activities of mineral spring waters are between 0.12-0.308 Bq/l, beta activities are between 0.132-*

0.401 Bq/l. Alpha activities are higher than the optimal degree in all the investigated samples according to WHO and TS 9130. And these values show that, those spring waters are not suitable for drinking.

**Key words:** Gümüşhane, trace elements, mineral water, radioactivity

## GİRİŞ

İncelenen mineralli su kaynakları Gümüşhane ili sınırları içerisinde ve Doğu Pontid Tektonik Birliğinin güney zonunda yer alır (Şekil-1). Kaynakların her birinin yüzeye çıktığı birimler farklı litolojidedir. Mineralli su kaynakları küçük debili, soğuk, toplam iyon içerikleri 1000 mg/l'nin üzerinde "maden suyu" özelliğinde olan kaynaklardır. Kaynakların genel özelliklerini içeren bilgiler çizelge 1'de verilmiştir.

Mineralli su kaynaklarından alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarından kaynakların genel olarak "Kalsiyum Bikarbonatlı" su sınıfında oldukları ve kaynaklardaki iyon bolluk sıralamasının  $Ca^{++} > Mg^{++} > Na+K^+ - HCO_3^- > SO_4^{--} > Cl^-$  şeklinde olduğu belirlenmiştir (Gültekin, 1998).

## Analiz Yöntemleri

Örnekler 1 litrelik polietilen şişelere alınarak pH<2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilmiştir. Analizler Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü laboratuvarında yapılmıştır. İz elementlerden  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  ve  $Cd^{+2}$  GBC 905 AA Model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında Alev (Flame) yöntemi ile analiz edilmiştir. As ise GBC 905 AA Model Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre cihazında Hidrür Sistemi ile analiz edilmiştir. Analiz esnasında  $NaBH_4$  çözeltisi ve derişik HCl kullanılmıştır.

Mineralli su kaynaklarından ve yakın çevredeki tatlı su kaynağından 1 litrelik polietilen şişelere alınan su örneklerindeki toplam alfa ve toplam beta içerikleri Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (İstanbul) laboratuvarlarında belirlenmiştir.



Şekil 1: İnceleme alanı yer bulduru haritası  
Figure 1: Location map of the study area

## JEOLJİ

Bu çalışmada inceleme alanını kapsayan Güven ve diğ., (1993)'nin jeolojik amaçlı çalışmaları esas alınmıştır. Bölgede altta Paleozoyik yaşlı granodiyorit, kuvars monzonit, siyenogranit, granit, mikrogranit kayaç gruplarından oluşan Gümüşhane Granitoyidi (Güven, 1993) bulunur. Bunun üzerine uyumsuz olarak çakıtaşı, kumtaşı, arkoz, kuvarsit, şeyi ve kireçtaşlarından oluşan Permo-Karbonifer yaşlı Demirözü Formasyonu (Güven, 1993) gelir. Metamorfik temel üzerinde aşınma uyumsuzluğu ile killi kireçtaşı, şeyi, kumtaşı aratabakalı andezit, bazalt dasit lav ve piroklastiklerinden oluşan Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonu (Ağar, 1977) yer alır. Hamurkesen Formasyonu gri renkli ve orta tabakalı killi kireçtaşı, çörtlü kumtaşı kumlu kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) tarafından uyumlu olarak üstlenir. Üzerine altta pelajik kırmızı killi kireçtaşı, üstte gri ve sarımsak renkli kumtaşı, kiltası, marn ve şeyl araldanmasından oluşan Geç Kretase Paleosen yaşlı Mescitli Formasyonu (Güven, 1993) uyumlu olarak gelir. Mescitli

Formasyonu ile yanal geçişli olarak Çatak Formasyonu, Kızılkaya Formasyonu ve Çağlayan Formasyonu (Güven, 1993) yer alır. Çatak Formasyonu bazaltik ve andezitik karakterli lav ve piroklastikleri ile birlikte araldanan kumtaşı silttaşı, kırmızı renkli kireçtaşı ve marnlardan, Kızılkaya Formasyonu riyodasit, dasitik lav ve piroklastiklerinden, Çağlayan Formasyonu ise bazalt lav ve piroklastiklerinin kumtaşı, marn ve çamurtaşı ara seviyeleri ile araldanmasından oluşmaktadır. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı istifler içerisine sokulum yapan plütonik kayaçlar Kaçkar Granitoyidi (Güven, 1993) olarak adlandırılmıştır. Bunlardan Mesozoyik yaşlı kayaçları kesen intrüzifler Kaçkar Granitoyidi-I, Senozoyik yaşlı kayaçları kesen intrüzifler Kaçkar Granitoyidi-II olarak ayırtlanmıştır. Geç Kretase dönemine ait çeşitli birimler üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelen Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn seviyeleri içeren, gri renkli, bol ojitli ve hornblendli bazaltik lav ve piroklastiklerinden oluşur. Bunların üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar uyumsuz olarak yer alır.

Çizelge 1 İncelenen mineralli su kaynaklarına ait bilgiler

Table 1: General properties of the studied mineral springs waters in the Gümüşhane

Mineralli Sular	Kaynak Türü (Fetter, 1980'e göre)	Yüze Çıktığı Formasyon Adı	Formasyon Özellikleri		Q	PH	T	TDS
			Yaş	Litoloji				
Budak	Fay ve Çatlak	Kaçkar Granitoyidi-I (Güven, 1993)	Kretase-Tersiyer (MTA, 1985)	Açık gri ve pembe granit, granodiyorit, kuvarslı monzodiyorit, diyorit, mikrogranit, dasit	0.9	6.12	14	1847
Tekkeköy	Fay ve Dokanak	Berdiga (Pelin, 1977) Hamurkesen (Ağar, 1977)	Geç Jura Senomaniyen Liyas	Kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı Volkano -tortul karakterli . Kumtaşı, marn, kiltası aratabakalı tuf, tüfit, andezit bazalt	1.5	6.35	14.5	3468
Akgedik	Fay	Hamurkesen	Liyas		0.17	6.37	10	2105
Yıldız	Fay	Mescitli (Güven, 1993)	Turoniyen-Paleosen (Güven, 1993)	Andezit, dasitik tuf, kumtaşı, kumlu kireçtaşı	0.8	6.37	15.6	2491
Yeşildere	Fay ve Çatlak	Kabaköy (Güven, 1993)	Erken-Orta Eosen (Güven, 1993)	Kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren bol ojit ve hornblendli bazalt ve andezitler	0.09	6.3	9.2	1307
İnkılap	Fay ve Dokanak	Berdiga Mescitli	Geç Jura Senomaniyen	Kristalize kireçtaşı Kırmızı killi kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn	0.92	6.57	16.7	3388
Güv.	Dokanak	Kabaköy Andezit Daykı	Erken Orta Geç Eosen	Kırmızı kireçtaşı, andezitik tuf ve tüfitler Andezit	0.023	6.42	11	3468

Q: Debi (l/sn), T: Sıcaklık (C), TDS: Toplam Çözülmüş Madde (mg/l)

Q: Yield (l/sec), T: Temperature (C), TDS: Total Dissolved Solids (mg/l)

**İz Element İçerikleri**

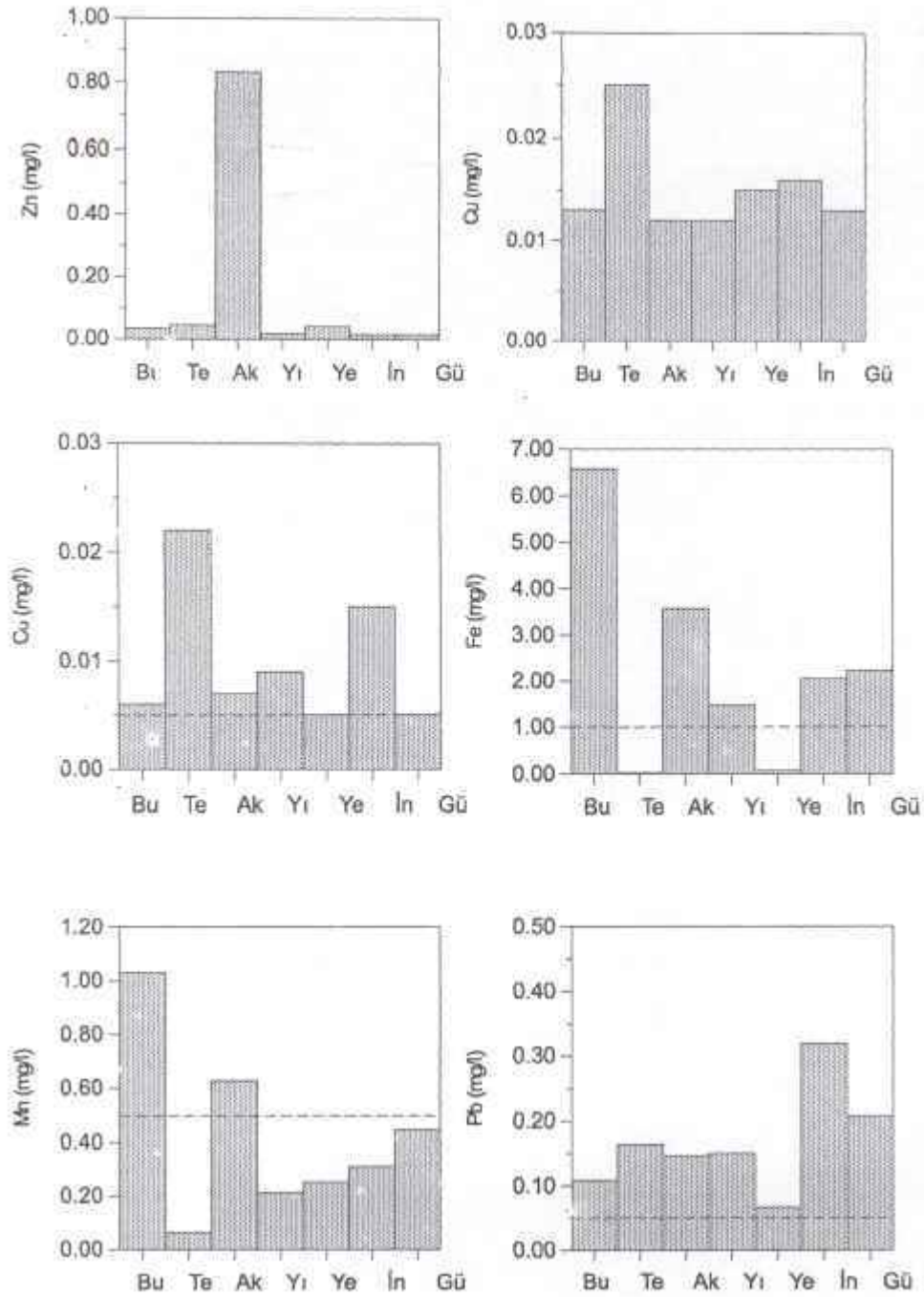
Mineralli su kaynakları, suların tadını bozucu  $Fe^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  ve zehirli iyon olarak adlandırılan  $Cd^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  ve As içerikleri bakımından incelenmiş ve WHO ve TS standartlarına uygun olup olmadıkları araştırılmıştır. Mineralli su kaynaklarındaki iz element içeriklerini incelediğinde (Çizelge 2) kaynakların hepsinde bir veya birkaç iyonun standartlarda izin verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülür.

Doğada mangan en yaygın olarak mangan oksitler şeklinde magmatik kayalarda ise  $Mn^{+2}$  şeklinde genellikle aynı boyuttaki çift yüklü diğer iyonların yerini almış olarak bulunur (Hem, 1971). Doğal sularda manganin çözünürlüğü Eh ve pH'a (Garrels ve Christ, 1965),  $HCO_3^-$

konsantrasyonuna (Hem, 1963),  $SO_4^{2-}$  konsantrasyonuna (Hem, 1971, Nair ve Mancollas, 1959) bağlıdır. Çalışılan kaynaklardaki  $Mn^{++}$  konsantrasyonu 0.064-1.029 mg/l arasındadır (çizelge 2). pH nötr iken yer altı sularında  $Mn^{++}$  konsantrasyonu 1-10 mg/l (Hem, 1971) arasında olduğu dikkate alınrsa, mineralli su kaynaklarında çok yüksek olmadığı görülür. Ancak içilebilir standartları açısından incelendiğinde Budak ve Akgedik mineralli su kaynaklarında yüksek olduğu görülür. Budak mineralli su kaynağındaki manganin kökeni ayrışmanın yoğun olarak gözlemlendiği magmatik kayalardaki ferromagnezyen mineraller oluşturur. Akgedik mineralli suyunun ise Liyas yaşlı Hamurkesen Formasyonunun volkanitleriyle daha uzun süreli temas halinde olduğu söylenebilir.

**Çizelge 2:** İncelenen mineralli su kaynaklarının iz element içerikleri*Table 2: Trace element contents of the mineral springs waters of the Gümüşhane area.*

Kaynak Adı	$Mn^{+2}$ (mg/l)	$Fe^{+2}$ (mg/l)	$Pb^{+2}$ (mg/l)	$Zn^{+2}$ (mg/l)	$Cu^{+2}$ (mg/l)	CcT (mg/l)	As (Ppb)
Budak Mineralli Suyu	1.029	6.570	0.109	0.033	0.013	0.006	4.297
Tekkeköy Mineralli Suyu	0.064	0.02	0.164	0.046	0.025	0.022	4.134
Akgedik Mineralli Suyu	0.627	3.576	0.146	0.833	0.012	0.007	Ölçüm limiti altında
Yıldız Mineralli Suyu	0.213	1.471	0.15	0.018	0.012	0.009	Ölçüm limiti altında
Yeşildere Mineralli Suyu	0.252	0.073	0.067	0.041	0.015	0.005	4.105
İnkılap Mineralli Suyu	0.311	2.052	0.319	0.016	0.016	0.015	3.593
Güvercinlik Mineralli Suyu	0.448	2.222	0.208	0.016	0.013	0.005	Ölçüm limiti altında



Bu: Budak; Te: Tekkeköy; Ak: Akgedik; Yi: Yıldız; Ye: Yeşildere; İn: İnkılap; Gü: Güvercinlik  
 —: TS'ye göre içilebilir üst sınırı  
 —: upper limit in drinkable waters in Turkish Standard Institution

**Şekil 2:** Gümüşhane yöresindeki mineralli su kaynaklarının iz element içerikleri  
*Figure 2: Trace element contents of the mineral spring waters the Gümüşhane area.*

Demir içeren ve doğal sulara karışmasını sağlayan en önemli demir mineralleri pirit ( $FeS$ ) ve Hematit ( $Fe_2O_3$ )'tür. Demir konsantrasyonunun yüksek olduğu kaynakları incelediğimizde vakanik veya magmatik kayalarla dokanıkları oldukları görülür. Budak ve Yıldız mineralli su kaynaklarının çevresinde bol miktarda pirit kristallerinin gözlenmesi bunu doğrulamaktadır.

Kurşun bileşiklerinin çözünürlüklerinin düşük olması ve çok düşük mobilitesinin olmasından dolayı doğal sulara çoğunlukla birkaç  $ug/l$ 'den  $20ug/l$ 'ye kadar değişen değerlerde bulunur (Matthes,1982). İncelenen kaynaklar  $Pb^{+2}$  açısından içilebilir sınırların üzerinde konsantrasyona sahiptir. Kaynaklardaki yüksek  $Pb^{+2}$  konsantrasyonu, pH'larının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Rankama \e Sahama, (1950)'ye göre pH'ın düşük olduğu ortamlarda kurşun aragonitteki kalsiyum ve feldispatlardaki potasyumun yerini almaktadır (Davis ve DeWiest, 1966).

Kadmiyum konsantrasyonu doğal sulara çok az bulunur. İçilebilir sulara konsantrasyon üst limiti  $10 ug/l$ 'dir (U.S. Public Health Service, 1962). İncelenen kaynaklarda  $Cd^{+2}$  konsantrasyonu TS 9130'a göre yüksektir. En yüksek değeri Tekkeköy mineralli suyunda  $0.022 mg/l$  ve İnkılap mineralli suyunda  $0.015 mg/l$ 'dir. Yeşildere ve Güvercinlik mineralli su kaynaklarında  $Cd^{+2}$  konsantrasyonu müsaade edilen sınır değerdedir.

$Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$  ve As konsantrasyonu açısından kaynakların içerdiği değerler standartlara uygundur.

### **Mineralli Su Kaynaklarının Alfa (a) ve Beta(P)Aktiviteleri**

Yer kabuğu içindeki radyoaktif elemanların diffüzyonu sonucu, kütleler radyoaktif özellik

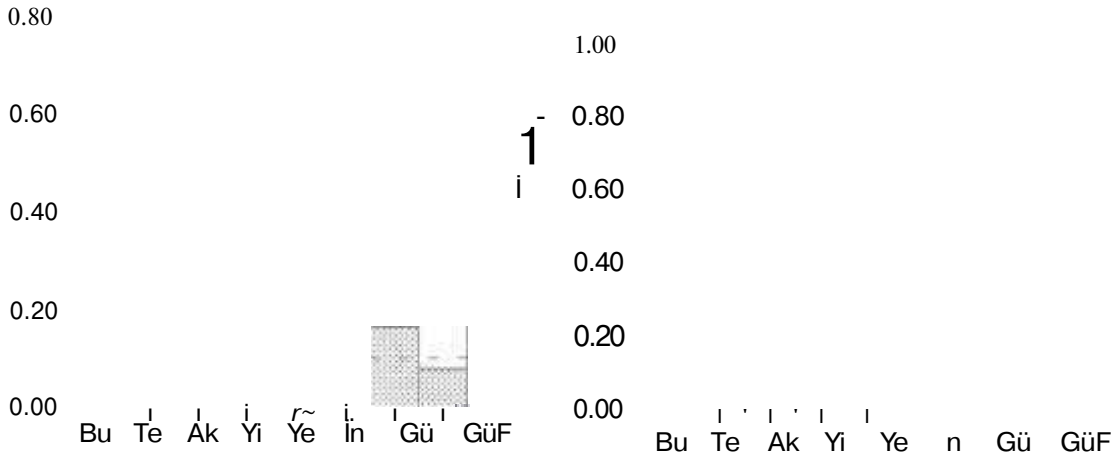
kazanır. Yer altı suları veya yerin derinliklerinden gelen sular içerisinde geçtikleri kayalarındaki radyoaktif maddelerin etkisiyle bir miktar radyoaktiflik kazanır. Yer altı sularında rastlanan en önemli radyoaktif elemanlar  $K^{40}$ ,  $Rb^{87}$ ,  $Th^{232}$ ,  $U^{235}$  ve  $U^{238}$ 'dir (Davis ve DeWiest,1966, Hem, 1971, Şahinci, 1991).  $Tj238'_m$  bozunumu sonucu ortaya çıkan  $Rn^{222}$  ve  $Rn^{226}$  hidrojeoloji açısından önemli radyoaktif elementlerdir (Davis ve DeWiest, 1966)

İncelenen mineralli suların sıcaklığı  $20^{\circ}C$ 'nin altında olduğu için Hidrojeologlar Birliği sınıflamasına göre "soğuk sular" sınıfında yer alırlar. İçme ve kullanma sularının içerdiği çözünmüş madde türünün ve miktarının kullanım amacına göre standartlarda belirlenen limitlerde olması istenir. Maden suyu olarak kullanılacak suların radyoaktivitelerinin de standartlarda belirlelen limitlerde olması istenir. Mineralli su kaynakları ve Güvercinlik Köyündeki bir içme suyu çeşmesinden alınan su örneklerine ait toplam alfa ve toplam beta değerleri çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde mineralli suların toplam alfa aktivitelerinin  $0.122 - 0.78Bq/l$  (Becquerel/litre) arasında, toplam beta aktivitelerinin ise  $0.067 - 0.401 Bq/l$  arasında değiştiği görülür. Çeşme suyunun toplam alfa aktivitesi  $0.079 Bq/l$ , toplam beta aktivitesi ise  $0.056Bq/l$ 'dir. İçilebilirlik açısından incelendiğinde TS 9130'a ve Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standardına göre mineralli sular alfa aktiviteleri açısından içmeye uygun değildir. Ancak mineralli sular içilerek tüketimin dışında balneolojik amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Radyoaktif suların mineralizasyonları düşük bile olsa, iyileştirici özellikte oldukları bilinmektedir. Bu amaçla kullanılacak suların ise radyoaktif elementlerinin ve radyoaktivitelerinin saptanması gerekmektedir.

Çizelge 3: İncelen mineralli su kaynaklarının toplam alfa ve toplam beta değerleri  
Table 3: Gross alpha and gross beta values in the Gümüşhane mineral spring waters.

Kaynağın Adı	Toplam Alfa (a) Aktivitesi (Bq/l)	Toplam Beta (3) Aktivitesi (Bq/l)
Budak Mineralli Suyu	0.308	0.23
Tekkeköy Mineralli Suyu	0.175	0.132
Akgedik Mineralli Suyu	0.13	0.067
Yıldız Mineralli Suyu	0.677	0.23
Yeşildere Mineralli Suyu	0.122	0.161
İnkılap Mineralli Suyu	0.78	0.401
Güvercinlik Mineralli Suyu	0.163	0.184
Güvercinlik Çeşmesi	0.079	0.056

Kaynaklardaki toplam alfa ve toplam beta değerlerinin değişimleri şekil 3 'de verilmiştir.



Bu: Budak; Te: Tekkeköy; Ak: Akgedik; Yi: Yıldız; Ye: Yeşildere; İn: İnkılap;  
Gü: Güvercinlik; GüF: Güvercinlik çeşmesi  
-----: TS'ye göre içilebilir üst sınır  
-----; upper limit in drinkable waters in Turkish Standard Institution

Şekil: 3 İncelenen mineralli su kaynaklarının toplam alfa ve beta değerleri  
Figüre: 3 Gross alpha and beta values in the Gümüşhane mineral springs.

Bilindiği gibi çok miktarda uranyum ve toryum elementi içeren ortamlarla temas eden sularda alfa (a) aktivitesi yüksek olur. Uranyum, toryum, radyum ve radonun zengin olarak bulunduğu kayaç grupları ise metamorfik

kayaçlar, granit türü kayaçlar, organik içeren tortular, kumtaşları ve karbonatlı tortul kayaçlardır. Alfa aktivitesinin yüksek olduğu Budak, İnkılap ve Yıldız mineralli su kaynaklarının birer fay kaynağı olduğu ve

çevrelerindeki kayaçların uranyum ve toryum bulundurmaya müsait kayaçlar olduğu görülür. Ayrıca bu tür kayaçlardaki fay zonları ayrışmanın yoğun olarak gözlemlendiği ve suların depolanmaya elverişli yerler olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bu zon boyunca hem uranyum ve toryum zenginleşmesi hem de suyun bu zonda depolanması, mineralli sulara bu tür radyoaktif elementlerin geçmesine neden olmaktadır.

### SONUÇ VE TARTIŞMALAR

İncelenen mineralli su kaynakları tektonik hareketlere bağlı olarak yüzeye çıkan küçük debili ve soğuk kaynaklardır.

İncelenen mineralli su kaynaklarından Budak  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  ve  $Cd^{+2}$ , Akgedik  $Mn^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  ve  $Cd^{+2}$ , Yıldız  $Fe^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  ve  $Cd^{+2}$ , Tekkeköy ve İnkılap  $Pb^{+2}$  ve  $Cd^{+2}$ , Yeşildere ve Güvercinlik  $Pb^{+2}$  konsantrasyonu yönünden içmeye uygun değildir.

Mineralli su kaynaklarında toplam alfa aktivitelerinin 0.122-0.78 Bq/l, toplam beta aktivitelerinin 0.067-0.401 Bq/l arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre mineralli sular toplam alfa aktiviteleri açısından içmeye uygun değildir.

İncelenen mineralli su kaynaklarından Yeşildere ve Güvercinlik mineralli su kaynakları yakın çevredeki insanlar tarafından kullanılmaktadır. Bilinçsiz olarak kullanılan bu kaynaklar sağlık açısından sorun yaratabilir. Bu nedenle ilgili birimler tarafından kullanımlarının önlenmesi yöre halkının sağlığı açısından önemlidir.

### DEĞİNİLEN BELGELER

Ağar, U., 1977, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, KTÜ Matbaası, Trabzon, 58 s.

- Davis, N.S., and DeWiest, R.J.M., 1966, Hydrogeology, John Wiley and Sons., Inc. New York, 463 p.
- Fetter, C.W., 1980, Applied Hydrogeology, Bell and Howel Company, Columbus, Ohio, 488 P.
- Garrels, R.M. and Christ, C.L., 1965, Solutions, Minerals and Equilibria, Harper and Row, New York, 450 p.
- Gültekin, F., 1998, Gümüşhane ve Bayburt yöresi mineralli su kaynaklarının hidrokimyası ve izotopik özellikleri, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 188p.
- Güven, İ.H., 1993, Doğu Pontidlerin 1/25 000 ölçekli jeolojisi ve komplikasyonu, MTA, (Ankara) Yayınlanmamış.
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1993, MTA Genel Müdürlüğü 1/100 000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeolojisi haritaları serisi, Trabzon F42 ve G42 Paftalan, Ankara.
- Güven, İ.H., Nalbantoğlu, A.K. ve Takaoğlu, S., 1993, MTA Genel Müdürlüğü 1/100 000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeolojisi haritaları serisi, Trabzon F43 ve G43 Paftalan, Ankara.
- Hem, D.J., 1971, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, second edition, U.S. Government Printing Office, Washington, 363p.
- Matthess, G., 1982, The Properties of Groundwater, J.C. Harty, John Wiley and Sons., Inc., Canada, 406 p.
- Nair, V.S.K. and Nancollas, G. H., 1959, Thermodynamics of Iin association, Part VI, Transition Metal Sulphates. Chem. Soc. Jour., 3934-3939.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Yayın No. 87, Trabzon.
- Şahinci, A., 1991, Doğal suların jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, 548 s.
- TS, 1991, Mineralli su- İçilebilir, TS-9130, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 13 s.
- WHO, 2003, Guidelines for drinking water quality. Third Edition, Chapter 9.