



Gökpınar karst kaynaklarının (Gürün-Sivas) hidrojeoloji incelemesi

Hydrogeological investigation of the Gökpınar karst springs (Gürün-Sivas)

Fikret KAÇAROĞLU

Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 SİVAS

Geliş (received) : 20 Şubat (February) 2006

Kabul (accepted) : 17 Kasım (November) 2006

ÖZ

Gökpınar karst kaynakları, Gürün'ün (Sivas) 8 km güneyinde Gökpınar köyünde yer alır. Jura-Kretase yaşlı Yüceyurt formasyonu kireçtaşından boşalan kaynaklar, karstik kaynak tipinde olup, iki ana boşalım noktasına sahiptir. İki kaynağın toplam debisi 4.5-7.8 m³/s arasında değişir. Bu çalışmanın amacı, Gökpınar kaynaklarının hidrojeolojik özelliklerinin, kaynakların boşalım rejiminin ve suların kimyasal özelliklerinin ve kalitesinin belirlenmesidir. Yüceyurt formasyonu inceleme alanında ana akiferi oluşturur ve karstik özelliklere sahiptir. Formasyonda kareler, dolinler, düdenler, çöküntü alanları, yeraltı kanalları ve boşluklarından oluşan gelişmiş bir karst sistemi vardır. Kaynak boşalımının analizinden elde edilen verilere göre, karst akiferinin depolama kapasitesi büyük, drenajı yavaştır. Gökpınar kaynaklarının toplam depolama kapasitesi 239x10⁶ m³, boşalım katsayısı 2.83x10⁻³ gün⁻¹ olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanındaki sular genellikle Ca²⁺, Mg²⁺ ve HCO₃⁻¹ iyonlarının hakim olduğu kalsiyum bikarbonatlı tipte sulardır. Bazı su kimyası parametrelerinin Gökpınar Kaynaklarındaki değerleri T=10.8-11.1 °C, pH=7.65-7.95, EC=270-310 µS/cm, TÇK=170-200 mg/l, Ca²⁺=40.0-54.0 mg/l, Mg²⁺=4.5-10.0 mg/l, HCO₃⁻¹=144.0-158.0 mg/l arasında değişmektedir. Suların kalitesi içme suyu standartlarına uygundur. Sulama suyu açısından orta derecede tuzlu, düşük sodyumlu sulardır ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında C₂S₁ sınıfında yer alırlar.

Anahtar kelimeler: Gürün, hidrojeoloji, karst akiferi, karst kaynağı, yeraltısuyu.

ABSTRACT

The Gökpınar Karst Springs are located 8 km to the south of the town of Gürün, Sivas, in Turkey. The springs issue from a Jurassic-Cretaceous Yüceyurt formation (limestone) and have two main outlets. The total discharge of the springs ranges between 4.5 and 7.8 m³/s. This study aims at determination of the hydrogeology, discharge regime and water chemistry of the Gökpınar karst springs. The Yüceyurt formation (limestone), from which Gökpınar karst springs issue, constitutes the main aquifer in the study area. The unit has a well developed karst system comprising karens, dolines, ponors, underground channels and caves. The recession (discharge) analysis of the Gökpınar springs revealed that the karst aquifer (Yüceyurt limestone) has large storage capacity and low transmissivity. The total storage capacity of the springs is 239x10⁶ m³, and the discharge (recession) coefficient is 2.83x10⁻³ day⁻¹. The major cations in the waters of the study area are Ca²⁺ and Mg²⁺, and the major anion is HCO₃⁻¹. The waters are of a calcium bicarbonate type. Some of the water chemistry parameters of the Gökpınar springs range as follows: T=10.8-11.1 °C, pH=7.65-7.95, EC=270-310 µS/cm, TDS=170-200 mg/l, Ca²⁺=40.0-54.0 mg/l, Mg²⁺=4.5-10.0 mg/l, HCO₃⁻¹=144.0-158.0 mg/l. The waters are suitable for domestic use. They have medium salinity hazard and a low sodium (alkali) hazard in terms of irrigation water use, and plot in the C₂S₁ class in the USA Salinity Laboratory irrigation water classification diagram.

Key words: Gürün, hydrogeology, karst aquifer, karst spring, groundwater.

GİRİŞ

Gökpınar karst kaynakları, Sivas'ın Gürün ilçesi-nin 8 km güneyinde Gökpınar köyü yakınlarında yer alır. Kaynaklar Jura-Kretase yaşlı Yüceyurt formasyonu kireçtaşlarından boşalmakta olup, iki ana boşalım noktasına sahiptir. İki kaynağın toplam debisi 4.5-7.8 m³/s arasında değişmektedir. İnceleme alanı Gürün ilçesinden geçen Tohma Çay'ının kolu olan Gökpınar Deresi'nin drene ettiği yaklaşık 200 km²lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Gökpınar kaynakları boşalım noktalarında biri küçük diğeri büyük iki göl oluşturmuştur. Büyük göl kıyısına kurulmuş olan bir dinlenme tesisi ve lokanta ile bu alan piknik/dinlenme yeri olarak kullanılmaktadır. Kaynakların suyundan elektrik, sulama ve alabalık üretiminde yararlanılmaktadır.

Bu çalışma; Gökpınar karst kaynakları ve civarının hidrojeolojik özelliklerinin, kaynakların su kimyasının, kalitesinin ve bunların mevsimsel değişimlerinin, kaynak beslenme ve boşalım rejimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma ile ilgili çalışmalar; hidrojeolojik haritalama, arazi ölçümleri, laboratuvar analizleri ve değerlendirmeler şeklinde yürütülmüştür. Arazi çalışmaları Ağustos 1995-Ekim 1996 ayları arasında yapılmıştır (Kaçaroğlu, 2001). Su kimyasına ilişkin arazi ölçümleri ve laboratuvar analizlerinde, APHA vd. (1995) ve Hem (1985) tarafından önerilen ölçüm ve analiz yöntemleri uygulanmıştır.

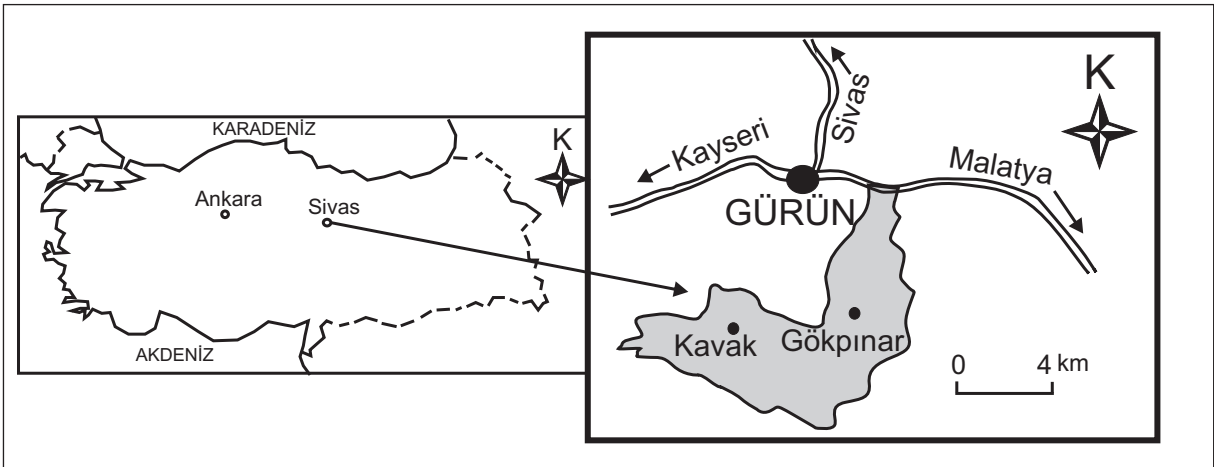
JEOLOJİ

İnceleme alanı, Doğu Toros Kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bölgede, Özgül (1976) tarafından tanımlanan Bozkır, Aladağ ve Geyikdağı birliklerine ait kaya birimleri bulunmaktadır. İnceleme alanı ve civarında allokton birimler, Gürün görel otoktonu ve bunları örten Tersiyer-Günümüz arasında oluşmuş örtü birimleri (Şekil 2) yer almaktadır. İnceleme alanının jeolojisinin sunumunda Kurtman (1973, 1978), Atabey (1993) ile Atabey vd. (1994, 1997)'nin çalışmaları esas alınmıştır.

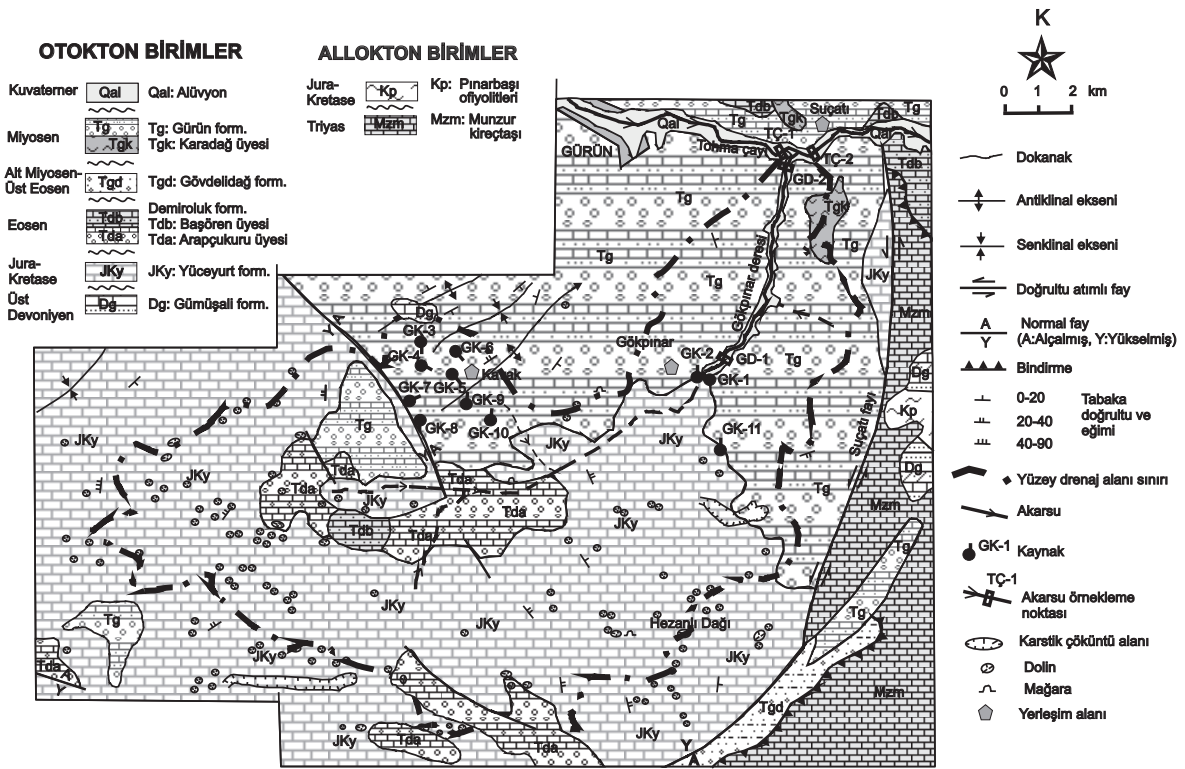
Stratigrafi

İnceleme alanında allokton birimlere ait Munzur kireçtaşı, Pınarbaşı ofiyolitleri, Gürün görel otoktonuna ait Gümüşali ve Yüceyurt formasyonları ve Tersiyer örtü birimlerinden Demiroluk, Gövdelidağ, Gürün formasyonları ve Kuvaterner yaşlı alüvyon yer almaktadır (Şekil 2).

Munzur kireçtaşı inceleme alanının doğu ve güneydoğu kesimlerinde Tepecik ve Kurudere köyleri dolaylarında yüzeylenir. Birim, orta-kalın tabakalı, gri-beyazımsı, sarımsı, krem kireçtaşı ile temsil edilir. Oldukça kırıklı ve çatlaklı yapıya sahip olup, yer yer karstlaşmıştır. Üst kesimlerinde yer yer masif rudist kavrıklı ve çört yumru-lu kireçtaşı yer alır. Birim üstte yeralan Binboğa formasyonu ile dikey geçişlidir. Yaklaşık kalınlığı 400-750 m'dir. Birimde saptanan fosillere göre Triyas-Jura-Kretase yaşlıdır (Atabey vd., 1994, 1997).



Şekil 1. İnceleme alanı yerbulduru haritası.
Figure 1. Location map of the study area.



Şekil 2. İnceleme alanı hidrojeoloji haritası (Atabey vd., 1994'den yararlanılarak hazırlanmıştır).
Figure 2. Hydrogeological map of the study area (modified from Atabey et al., 1994).

Aziz vd. (1982) tarafından adlandırılan Pınarbaşı ofiyolitleri, inceleme alanının doğu kesiminde Tepecik köyü civarında dar bir alanda yüzeylenmektedir. Oldukça bozunmuş olup, litolojik özellikleri tam olarak tanımlanamamaktadır. Ofiyolit; serpantin, serpantinleşmiş peridotit, piroksenit, hazburjit, dunit ve gabro gibi kayalar içermektedir. Ofiyolitlerin arazide diğer birimlerle ilişkilerine göre yerleşme yaşı Atabey vd. (1994, 1997) tarafından en geç Mestrihtiyen öncesi olarak verilmektedir.

Gümüşali formasyonu, inceleme alanının doğu kesiminde dar bir alanda yüzeylenir. Formasyon; algli, mercanlı, gastropodlu, ekinidli, brakyopodlu, gri-siyahımsı, ince-orta tabakalı kireçtaşı ve bu kireçtaşı ile arıdanmalı olan siyahımsı şeyl düzeyleri ve ince tabakalı kumtaşı ile temsil edilir. Gümüşali formasyonu; Pınarbaşı ofiyolitleri, Munzur kireçtaşı ve Demiroluk formasyonu ile tektonik olarak ilişkilidir. İnceleme alanı içerisindeki yüzeylenmelerinde kalınlığı yaklaşık 250 m olup, kireçtaşı düzeylerinde saptanan fosillere göre formasyona Üst Devoniyen yaşı verilmiştir (Atabey, 1993; Atabey vd., 1994, 1997).

Yüceyurt formasyonu, inceleme alanının güney ve batı kesimlerinde geniş bir alanda yüzeylenir. Formasyon alt ve orta kesimlerinde orta-kalın tabakalı yer yer ince tabakalı, gri-beyazımsı, sarımsı kireçtaşı ve bunlarla yer yer arıdanmalı dolomitik kireçtaşı ile temsil edilir. Üst düzeylerde yer yer masif beyaz ve pembemsi rudistli kireçtaşı bulunur. Formasyon; bol kırıklı, çatlaklı ve yoğun şekilde karstlaşmıştır (Kaçaroğlu, 2001). Altındaki Gümüşali formasyonu ve üstteki Demiroluk formasyonu ile ilişkisi uyumsuzdur. Kalınlığı 400-1100 m arasında değişmektedir. Kireçtaşı düzeylerinde saptanan foraminifere göre yaşı Orta Jura-Üst Kretase (Senomaniyen) aralığındadır (Kurtman, 1978; Atabey, 1993; Atabey vd., 1994).

Demiroluk formasyonu, çalışma alanının orta ve güney kesimlerinde yüzeylenir. Konglomera, kireçtaşı, marın-killi kireçtaşı ile temsil edilir. Formasyon; inceleme alanında Arapçukuru üyesi ve Başören üyesi olmak üzere iki üyeye ayrılmıştır (Atabey vd., 1994, 1997). Formasyonun alt kesimindeki konglomera ve kireçtaşı düzeyleri Aziz

vd. (1982) tarafından Arapçukuru üyesi olarak adlandırılmıştır. Üye, altta kalın tabakalı ve masif konglomera düzeyleri ile temsil edilmektedir. Konglomera düzeyleri üste doğru kireçtaşına geçmektedir. Kireçtaşı; kalın tabakalı ve masif, gri renkli, bazı düzeyleri bol foraminifer fosillidir. Üyenin kalınlığı 50-200 m arasında değişmektedir. Arapçukuru üyesi üstte Başören üyesinin kayalarına geçişlidir. Üyenin kireçtaşı düzeylerinde saptanan fosillere göre yaşı Lütésiyen'dir (Atabey, 1993; Atabey vd., 1994, 1997). Başören üyesi; gri-yeşilimsi-mavimsi, 1-2 m kalınlığında marn, ince tabakalı kalkarenit ve killi kireçtaşı, çok kalın tabakalı (2-3 m) kalkarenit ve kumtaşı düzeylerinin ardalanması şeklinde bir istife sahiptir. Üyenin kalınlığı yaklaşık 200-400 m arasındadır (Atabey vd., 1994). Üstte bulunan Gövdelidağ formasyonu ile açılı uyumsuzdur. Marnlı düzeylerde saptanan fosillere göre Başören üyesinin yaşı Lütésiyen'dir (Atabey, 1993; Atabey vd., 1997).

Gövdelidağ formasyonu, inceleme alanının güneydoğusunda dar alanlarda yüzeylenir. Formasyon; kırmızımsı, kalın tabakalı ve yer yer masif konglomera ve bunlarla ardalanmalı kalın tabakalı (0.5-1.0 m) kumtaşı, kahverengi-sarımsı çamurtaşı düzeyleri ile temsil edilir. Formasyonun kalınlığı 200-350 m'dir. Üstteki Gürün formasyonu ile yer yer tedrici geçişli ve bazı kesimlerde uyumsuz ilişkilidir. Atabey (1993) ve Atabey vd. (1994, 1997) formasyonun yaşını verecek paleontolojik veriler elde edilemediğini,

ancak altında ve üstünde bulunan formasyonlar dikkate alınarak görel olarak yaşının Üst Eosen-Miyosen olması gerektiğini belirtilmişlerdir.

Kurtman (1978) tarafından tanımlanmış olan Gürün formasyonu, inceleme alanının kuzey ve güney kesimlerinde geniş yayılıma sahiptir. Formasyon; altta konglomera, kumtaşı, kalkarenit, marn, şeyl ile başlar, üste doğru ise tuf, tüfit, marn arakatlı ince tabakalı laminalı killi, bol gastropodlu kireçtaşları ile temsil edilir. En üstte orta-kalın tabakalı veya masif kireçtaşları yer alır. Formasyonun genel görünüşü açık gri, boz, sarımsı, beyazımsı ve kahverengidir (Kurtman, 1978; Atabey vd., 1994; Yalçın, 1999). Üstteki kireçtaşı düzeyleri arasında ve yer yer kireçtaşını kesmiş olarak volkanik kayalar yer almaktadır. Kalınlığı 300 m ile 700 m arasında değişir. Formasyonun yaşı saptanan fosillere göre Alt Miyosen'dir (Kurtman, 1978; Atabey vd., 1994, 1997).

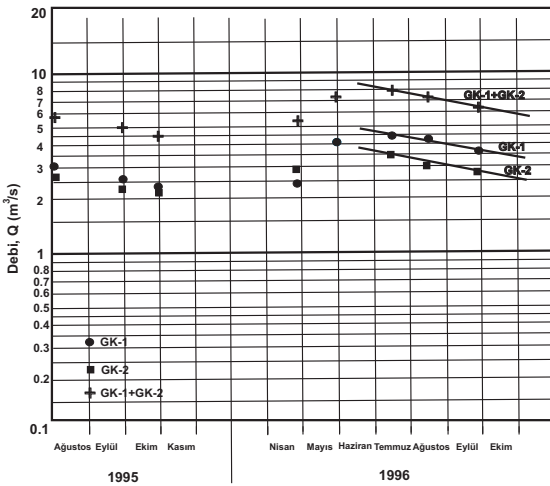
Gürün formasyonunun üst kesimlerindeki volkanitler Karadağ üyesi olarak ayırtlanmıştır. Üye; trakiandezit, andezit, tuf, aglomera ve lav akıntısı ile temsil edilir. Trakiandezitler sütunsu ve eklemli yapılıdır. Üyenin yaşı Gürün formasyonu ile aynıdır (Kurtman, 1978; Atabey vd., 1994, 1997).

Alüvyon, inceleme alanı kuzey kesimlerinde Tohma Çayı ve Gökpınar Deresi boyunca dar bir şerit halinde uzanır. Gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve killerden oluşur. Yer yer mercaklenmeler ve çapraz tabakalanmalar görülür. Tohma Çayı vadisinde taraçalar şeklinde eski alüvyon düzeyleri yüzeylenmektedir.

Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı Doğu Toros Kuşağı içinde yer alır. Bu bölgenin jeolojik gelişimi, Üst Devonyen ile günümüz arasında tamamlanmıştır. Pınarbaşı ofiyolitleri karbonat birimleri üzerine (Munzur kireçtaşı) Mestrihtiyen öncesinde yerleşmiştir. Bölgede Üst Paleosen'den itibaren başlayan sıkışma sonucu görülen daralmanın etkisiyle K-G ve KB-GD yönlü sıkışma ve D-B, KD-GB yönlü gerilmeler sonucunda kıvrımlanmalar, ters faylar, doğrultu ve eğim atımlı faylar gelişmiştir (Şekil 2) (Atabey vd., 1994).

Kıvrımlanmalar özellikle Gürün formasyonu içerisinde göze çarpmaktadır. Munzur kireçtaşları



Şekil 3. Gökpınar kaynaklarının boşalım grafiği.
Figure 3. Discharge graph of the Gökpınar springs.

otokton birimler üzerine bindirmeli olarak gelmektedir. Miyosen ve sonrası kıta içi havzalar (Gürün formasyonu) ve buna bağlı olarak volkanik etkinlik hüküm sürmüştür. Özellikle Miyosen sonrasında karasal birimler egemen olmuştur. Bu dönemde K-G yönlü Suçatı fayı gelişmiş olup, Pliyosen öncesine ait birimleri (Gürün formasyonu) kesmektedir. Bu fayın yaşı, Pliyosen veya daha gençtir (Atabey vd., 1994, 1997).

İnceleme alanındaki birimler litolojik ve fiziksel özelliklerine göre az veya çok eklemli bir yapı gösterirler. Özellikle kireçtaşlarında eklemeler çok belirgindir. Eklemelerin iyi geliştiği Yüceyurt formasyonuna ait kireçtaşlarında suların çözücü ve taşıyıcı etkisi ile karstlaşma gelişmiştir. Çoğunluğu gölsel ince tabakalı kireçtaşından oluşan Gürün formasyonu da oldukça eklemli bir yapı kazanmıştır. Bu formasyon içinde bulunan trakiandezitler eklemli ve kolonsal yapıya sahiptir (Kaçaroğlu, 2001).

HİDROLOJİ

İnceleme alanında İç Anadolu'nun sert, yarı kurak, karasal iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak, kısa ve genellikle kurak; kışlar ise soğuk, uzun süreli ve çoğunlukla kar yağışlıdır. Gürün Meteoroloji İstasyonu verilerine göre (1973-1995) ortalama yıllık sıcaklık 9.2 °C dir. İnceleme alanı civarındaki meteoroloji istasyonlarının ortalama yıllık yağışları 306 mm ile 740 mm arasında değişmektedir. Çizelge 1'den görüldüğü gibi, yağış miktarı genel olarak yükseklikle artmaktadır.

İnceleme alanının sularını Gökpınar Deresi ve kolları akaçlar. Gökpınar Deresi, alanın kuzeyinde Gürün ilçe merkezinden geçerek doğuya doğru akan Tohma Çayı'na katılır. Bu akarsu; yağış sonucu ortaya çıkan yüzeysel akım, Gökpınar kaynaklarında boşalan yeraltısuyu ve akarsu yatağına boşalan yeraltısuyu ile beslenmektedir. Kurak mevsimlerde akarsu akımının tamamına yakın kısmını Gökpınar kaynakları sağlamaktadır.

Çizelge 1. İnceleme alanı civarındaki meteoroloji istasyonlarının ortalama yıllık yağışları.
Table 1. Mean annual precipitations of the meteorological stations in the vicinity of the study area.

İstasyon adı	İşleten kurum	İstasyon yükseltisi (m)	Gözlem süresi	Ortalama yıllık yağış (mm)
Gürün	DMİ	1250	1980-1995	306
Kandil	DSİ	1280	1981-1995	411
Sevdili	DSİ	1470	1981-1995	355
Adatepe	DSİ	1330	1982-1995	740

Çizelge 2. Gökpınar Deresi 2112 no.lu AGİ 1946-1953 su yılları akımları (m³/s).
Table 2. Discharges of the Gökpınar Stream at station no. 2112 for the period 1946-1953 (m³/s).

Aylar	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yıllık Ort.
1946	-	-	4.550	4.550	4.550	4.560	4.560	4.580	4.610	4.610	4.610	4.600	
1947	4.700	4.670	4.640	4.630	4.630	4.680	4.840	4.970	4.980	4.960	4.890	4.820	4.784
1948	4.790	4.760	4.710	4.710	4.690	4.680	4.800	5.130	5.250	5.230	5.150	5.080	4.915
1949	4.980	4.890	4.820	4.770	4.730	4.720	4.710	4.770	4.840	4.820	4.780	4.760	4.799
1950	4.730	4.700	4.680	4.650	4.630	4.650	4.710	4.990	5.130	5.100	5.010	4.870	4.821
1951	4.820	4.730	4.690	4.680	4.700	4.710	4.740	4.820	4.860	4.860	4.780	4.760	4.762
1952	4.730	4.700	4.680	4.670	4.680	4.700	5.140	5.310	5.380	5.330	5.310	5.270	4.992
1953	5.170	5.130	5.070	5.000	4.930	4.860	4.960	5.160	5.270	5.280	-	-	-
Aylık Ort.	4.846	4.797	4.730	4.707	4.692	4.695	4.807	4.966	5.040	5.024	4.933	4.880	4.843

(Ort. : Ortalama, - : Ölçüm verisi yok)

Çizelge 3. Gökpınar Deresi ve Tohma Çayı akımları (m^3/s).
Table 3. Discharges of the Gökpınar Stream and Tohma River (m^3/s).

Ölçüm noktası no.	Ölçüm noktası yeri	Ölçüm Dönemleri							
		Ağustos 1995	Eylül 1995	Ekim 1995	Nisan 1996	Mayıs 1996	Temmuz 1996	Ağustos 1996	Eylül 1996
GD-1	Gökpınar Kaynakları akış aşağısı	5.665	4.875	4.475	5.410	7.275	7.820	7.155	6.060
GD-2	Suçatı beldesi, Tohma Ç. karışım noktası akış yukarısı	6.250	5.100	5.250	5.850	7.850	8.350	8.085	6.665
TÇ-1	Suçatı beldesi, Gökpınar D. karışım noktası akış yukarısı	0.950	1.510	1.815	6.905	3.180	2.570	1.925	2.245
TÇ-2	Suçatı beldesi, Gökpınar D. karışım noktası akış aşağısı	7.100	6.650	7.050	13.000	11.250	10.920	10.100	8.910

Gökpınar Deresi'nin akımları Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) tarafından 1946-1953 yılları arasında işletilen 2112 no.lu Gökpınar Suyu-Yelkenköy akım gözlem istasyonunda (AGİ) ölçülmüştür (Çizelge 2). Bu AGİ, Gökpınar kaynaklarının akış aşağısında kurulmuştur. İstasyonda yapılan ölçümlere göre, Gökpınar Deresi'nin ortalama yıllık akımı $4.843 m^3/s$ 'dir. Aylık ortalama akım değerleri ise $4.692 m^3/s$ ile $5.040 m^3/s$ arasında değişim göstermiştir.

Bu araştırma sırasında (1995-1996), Gökpınar Deresi üzerinde iki noktada (GD-1 ve GD-2) ve Tohma Çayı üzerinde iki noktada (TÇ-1 ve TÇ-2) akım ölçer ile akım ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 3). Gökpınar Deresi akımları; GD-1 ölçüm noktasında $4.475-7.820 m^3/s$, GD-2 ölçüm noktasında ise $5.100-8.350 m^3/s$ arasındadır. Tohma Çayı akımları ise, TÇ-1 ölçüm noktasında $0.950-6.905 m^3/s$ ve TÇ-2 ölçüm noktasında $6.650-13.000 m^3/s$ arasında değişmektedir.

HİDROJEOLOJİ

Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Gökpınar Havzası'nda, gelişmiş karstik yapı ve özelliklere sahip Yüceyurt formasyonu ana akiferdir. Diğer birimlerin kil içeren marn ve şeyl seviyeleri geçirimsiz kesimleri, killi kireçtaşı, tüf ve tüfit ise düşük geçirimsizliğe sahip düzeyleri oluşturur. Konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, andezit ve aglomera seviyeleri göreceli olarak daha yüksek geçirimsizliğe sahiptir.

Demirölük formasyonunun konglomera, kireçtaşı ve kumtaşı seviyeleri yer yer çatlaklı ve kırıklıdır.

Bu süreksizliklerin çözünme sonucu genişlemesi gözeneklilik ve geçirimsizliği arttırmıştır.

Gürün formasyonunun killi kireçtaşı seviyeleri çatlaklı, kırıklı ve yer yer kıvrımlı yapıya sahiptir. Çatlak, kırık ve tabakalar arası boşlukların suların kayacı çözmesi ile genişlemesi sonucu gözeneklilik ve geçirimsizlik artmıştır. Formasyonun bu kesiminde bir miktar yeraltısuyu depolanmaktadır. Kavak köyü civarındaki kaynaklar, Gürün formasyonunun killi kireçtaşı seviyelerindeki yeraltısuyunun boşalımı şeklinde ortaya çıkmaktadır. Gürün formasyonunun Karadağ Üyesine ait andezitler bol kırıklı sütunlu yapıya sahiptir. Andezit ve aglomeraların kırık ve boşluklarında az miktarda yeraltısuyu depolanmaktadır. İnceleme alanının kuzey kesiminde Karahisar köyü civarında andezit ve aglomeralardan sızıntılar şeklinde küçük yeraltısuyu boşalmaları gözlenmektedir.

Yüceyurt formasyonu, genel olarak orta-kalın tabakalı kireçtaşı ve yer yer bunlarla ardalanmalı dolomitik kireçtaşlarından oluşur. Formasyonda birincil gözenekliliğin yanı sıra, ikincil olarak oluşmuş çatlaklar ve kırıklar ile tabaka düzlemleri ve fay yüzeylerinden itibaren gözeneklilik büyük ölçüde artmıştır. Bu süreksizliklerde dolayan suların, karbonat minerallerinden (kalsit ve dolomit) oluşmuş kaya malzemesini çözmesi ve taşınması sonucu oluşan boşluklar ve yeraltı kanalları, dolayısıyla geçirimsizlik çok artmış ve formasyon büyük miktarda yeraltısuyu depolayabilecek ve iletebilecek şekilde karstik akifer özelliği kazanmıştır. Yüceyurt formasyonunda kareler (çözünme olukları), dolinler, düdenler, çöküntü alanları, yeraltı kanalları ve boşluklarından oluşan gelişmiş bir karst sistemi gözlenmektedir.

Kaynaklar

Gökpinar Havzasında yeraltısuyu bulunan akifer birimlerden boşalan bazı kaynaklar bulunmaktadır (Çizelge 4). Arazi çalışmaları sırasında haritalanan ve ölçümü yapılan bu kaynaklar Yüceyurt ve Gürün formasyonlarından boşalmaktadır. Yüceyurt formasyonundan boşalan kaynaklar, formasyonda karstlaşma sonucu gelişmiş olan yeraltı kanallarında taşınan suyun yeryüzüne çıktığı “karstik kaynak” tipindedir. Diğerleri ise, iki birimin sınırından boşalan “dokanak kaynağı”, kayaçlardaki çatlaklardan boşalan “çatlak kaynağı” veya fay hatlarından boşalan “fay kaynağı” şeklindedir.

İnceleme alanındaki ana akiferi (karstik akiferi) oluşturan Yüceyurt formasyonundaki yeraltısuyu Gökpinar-1 (GK-1) ve Gökpinar-2 (GK-2) karst kaynakları tarafından boşaltılmaktadır. Gökpinar-1 (GK-1) kaynağının debisi 2415-4425 l/s, Gökpinar-2 (GK-2) kaynağının debisi ise 2175-3395 l/s arasında değişmektedir. Diğer kaynaklar ise düşük debili olup, debileri 0.5-3.0 l/s arasında ölçülmüştür.

Gökpinar Kaynaklarının Su Bütçesi

Karstik akiferlerdeki yeraltısularının beslenme koşulları diğer tipteki (taneli ve kırıklı-çatlaklı) akiferlere göre daha elverişlidir. Yeraltısuyunun beslenimi; düdenler aracılığıyla doğrudan beslenme (süzülme), geçici doğal yüzey birikintilerinin

den yaygın süzülme ve yağmur ve kar erimesi sularının genişletilmiş eklem, çatlak ve çözünme kanalları ağı aracılığıyla doğrudan süzülmesi şeklinde meydana gelmektedir (Milanovic, 1981; White, 1988; De Vries ve Simmers, 2000). Karstik alanlarda genellikle “yerel beslenme” tipinde yeraltısuyu beslenimi egemendir (Lerner, 1997; Hedrix ve Walker, 1997). Karstik alanlardaki yüzey akımı, akarsular yerine çoğunlukla düdenlere boşalmaktadır.

Karstik akiferlerde yeraltısuyu beslenimi yağışlı ve kurak mevsimlerde oldukça farklıdır. Kurak mevsimde akiferin beslenimi çok azdır. Aşırı kış yağışları karstik akiferlerin besleniminde çok etkilidir. Kış aylarında buharlaşma-terleme kayıpları düşüktür. Dolayısıyla yağışın büyük bir kısmı yüzeyledeki karstik yapılar aracılığıyla süzülelebilmektedir. Milanovic (1981)’e göre yağışlı mevsimde (Akdeniz kuşağında Kasım ile Mayıs arasında) bitkilerden ve topraktan buharlaşma azdır, dolayısıyla bu mevsimde yağışın %70 ile %90’ı karstik akiferleri beslemektedir. Hötzl (1995), Suudi Arabistan’da yüzeyde mostra veren bir karst alanında yağışın ortalama %45’inin düdenler ve çözünme sonucu genişletilmiş eklemeler aracılığıyla yeraltına süzüldüğünü belirtmektedir.

İnceleme alanı civarındaki meteoroloji istasyonlarında genel olarak yağış miktarı yükseltiye bağlı olarak artmaktadır (bkz. Çizelge 1). Kandil, Sevdili ve Adatepe istasyonları, inceleme alanının güneyinde (Afşin-Elbistan civarında) yeraltı

Çizelge 4. İnceleme alanındaki kaynaklara ait bilgiler.
Table 4. Information on the springs in the study area.

Kaynak no	Kaynak adı	Çıktığı birim/formasyon	Yükselti (m)	Debi (l/s)	Ölçüm tarihi
GK-1	Gökpinar-1	Kireçtaşı (Yüceyurt fm.)	1445	3320	Ortalama
GK-2	Gökpinar-2	Kireçtaşı (Yüceyurt fm.)	1450	2780	Ortalama
GK-3	Serkiz Dere	Kireçtaşı (Gürün fm.)	1920	1.0	04.08.1995
GK-4	Kale Dere	Kireçtaşı-killi kireçtaşı (Gürün fm.)	1890	3.0	04.08.1995
GK-5	Büyük çeşme (Kavak)	Killi kireçtaşı (Gürün fm.)-Alüvyon	1820	2.0	04.08.1995
GK-6	Körpınar	Kireçtaşı (Gürün fm.)	1880	2.0	04.08.1995
GK-7	Dönükpınar	Kireçtaşı (Yüceyurt fm.)-kireçtaşı (Gürün fm.) sınırı	1870	0.5	04.08.1995
GK-8	Küçük yazılı	Kireçtaşı (Yüceyurt fm.)-kireçtaşı (Gürün fm.) sınırı	1880	1.0	04.08.1995
GK-9	Halacoğlu	Kireçtaşı-tüfit (Gürün fm.)	1850	0.5	04.08.1995
GK-10	Akpınar	Kireçtaşı-tüfit (Gürün fm.)	1820	0.5	04.08.1995
GK-11	Yelken	Kireçtaşı (Yüceyurt fm.)	1650	1.0	04.08.1995

makta ve Doğu Akdeniz'den gelen nemli havanın etkisiyle yağış almaktadır. Aynı yağışların kaynakların beslenme alanının önemli bir kesimini oluşturan Hezanlı Dağı (2283 m) ve civarını da etkilediği ve bu alanın yüksek miktarda yağış aldığı söylenebilir. Türkiye genelinde olduğu gibi, inceleme alanı ve civarında yüksek kota sahip kesimlerde yağış istasyonu ve kayıtları bulunmamaktadır. Gökpınar kaynaklarının beslenme alanının yükseltisi 1450-2283 m arasında değişmekte olup, çoğunluğu 1800 m'nin üzerindedir. Bu alandaki en yüksek kesimlerde ortalama yıllık yağışın 750 mm'den fazla olduğu ve kaynakların beslenme alanı için ortalama yıllık yağışın 600 mm alınabileceği düşünülmektedir. Gökpınar kaynaklarının yüzey drenaj alanı 110 km², Ağustos 1995-Ekim 1996 döneminde yapılan ölçümlere göre kaynakların ortalama akımı 6.10 m³/s'dir (192x10⁶ m³/yıl) (Çizelge 3). Benzer özelliklere sahip karstik alanlar için hesaplanan süzülme yüzdeleri (Günay ve Yayan, 1979; Milanovic, 1981; Hötzl, 1995) ve inceleme alanının karstik özellikleri dikkate alınarak, yağışın karstik akifere süzülen kısmı ortalama %60 kabul edilebilir. Buna göre, Gökpınar kaynaklarının boşalımının (192x10⁶ m³/yıl) sağlanabilmesi için, beslenme alanının 530 km² olması gerekmektedir. Kaynakların boşaldığı Yüceyurt formasyonu kaynakların güney, güneybatı ve batısında (yüzey drenaj alanı dışında) geniş yayılıma sahiptir. Bu formasyon, ayrıca kaynakların güneydoğusunda karstlaşmış olan Munzur kireçtaşı ile tektonik do-

kanaklıdır. Munzur kireçtaşındaki yeraltısuyunun yanal beslenme yoluyla Yüceyurt formasyonunu beslemesi olası görünmektedir.

Gökpınar Kaynaklarının Boşalım Rejimi

Karstik akiferler, depoladıkları yeraltısularını çoğunlukla büyük kapasiteli (debili) karst kaynakları aracılığıyla boşaltırlar. Kaynakların boşalım rejimi, boşalım hidrografları kullanılarak analiz edilebilir. Bazı yağış rejimlerinde akifere su girişinin pratik anlamda sıfır olup, bahar yağışlarından sonraki dönem (çekilme dönemi) bu analizler için en uygun dönemdir (Milanovic, 1981; Ford ve Williams, 1989; Bonacci, 2001).

Kaynak boşalımının çekilme (boşalım) eğrileri yardımıyla analizi, kaynakların boşalım rejimlerini, akiferlerin depolama kapasitelerini ve depolama değişimi özelliklerini saptama olanağı sağlar. Yağış ve akifere su girişinin olmadığı çekilme döneminde kaynağın boşaldığı akiferin dinamik rezervi zamana bağlı olarak azalır, buna koşut olarak akiferdeki yeraltısuyu seviyesi de düşer. Maillet (1905), bir kaynağın akımının (debinin) akiferde depolanan yeraltısuyu miktarının fonksiyonu olduğunu öne sürmüştü ve bunu aşağıdaki basit üstel eşitlikle ifade etmiştir.

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-a \cdot t} \quad (1)$$

Bu eşitlikte; Q_t kaynağın t zamanındaki akımı (debisi, boşalımı), Q_0 kaynağın çekilme dönemi başlangıcındaki ($t=0$) akımı, e doğal logaritma

Çizelge 5. Gökpınar kaynaklarının debileri (m³/s), boşalım katsayıları (a) ve depolama kapasiteleri (V_s).
Table 5. Discharges (m³/s), recession coefficients (a) and storage capacities (V_s) of the Gökpınar springs.

Ölçüm tarihi	Gökpınar-1 kaynağı (GK-1)	Gökpınar-2 kaynağı (GK-2)	GK-1 ve GK-2 toplamı
02.08.1995	3.015	2.650	5.665
29.09.1995	2.595	2.280	4.875
31.10.1995	2.295	2.175	4.470
22.04.1996	2.415	2.865	5.280
30.05.1996	4.025	3.200	7.225
16.07.1996	4.425	3.395	7.820
13.08.1996	4.225	2.925	7.150
27.09.1996	3.630	2.730	6.360
Ortalama debi	3.320	2.780	6.100
Boşalım katsayısı, a (gün ⁻¹)	2.71x10 ⁻³	2.98x10 ⁻³	2.83x10 ⁻³
Depolama kapasitesi, V_s (m ³)	141x10 ⁶	98x10 ⁶	239x10 ⁶

tabanı (2.71828), a boşalım (azalma, çekilme, drenaj) katsayısı, $t Q_o$ ve Q_t akımları arasında geçen süredir. Eşitlik (1), büyük depolama (rezerv) kapasitesine sahip karst akiferleri için çok yaygın olarak uygulanır ve iyi sonuç verir.

Boşalım (azalma, çekilme, drenaj) katsayısı (a), kaynağın bulunduğu alanın (akiferin) jeolojisi ve jeomorfolojisi ile, etkin porozite ve iletkenliği gibi hidrojeolojik karakteristiklerine bağlıdır. Bu katsayı, akiferin su verme kapasitesini temsil eder. a'nın küçük değerleri, büyük depolama kapasitesi olan akiferlerin yavaş drenajını ifade eder. Bu tip akiferlerdeki kaynaklar çoğunlukla devamlı kaynaklardır. a'nın büyük değerleri, akiferin akım kanallarının hızlı drenajını ve yeraltında depolamanın küçük olduğunu gösterir (Karanjac, 1977; Milanovic, 1981; Ford ve Williams, 1989).

Gökpınar kaynaklarının arazi çalışmaları sırasında ölçülen akımları/debileri (Çizelge 5) kullanılarak, kaynak akım grafiği (Şekil 4) çizilmiş, Maillet (1905) eşitliği kullanılarak kaynak boşalım analizi yapılmış ve boşalım (azalma, çekilme, drenaj) katsayısı (a) ve depolama kapasitesi (V_s) hesaplanmıştır. Şekil 4'te görüldüğü gibi, yeraltısuyu akımı çekilme dönemine ait grafiğin eğimi düşük olup, debide büyük değişimler gözlenmemektedir. Boşalım analizinde kaynakların boşalım katsayısı (a), GK-1 ve GK-2 kaynakları için sırasıyla, 2.71×10^{-3} ve 2.98×10^{-3} olarak; her iki kaynağın toplam [(GK-1)+(GK-2)] boşalımını için ise 2.83×10^{-3} olarak bulunmuştur (Çizelge 5). GK-1 ve GK-2 kaynaklarının depolama kapasitesi (V_s) ise, sırasıyla $141 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve $98 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Her iki kaynağın toplam depolama kapasitesi ise, $239 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür.

Kaynakların boşalım grafiği, hesaplanan boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri ile birlikte değerlendirildiğinde, Gökpınar kaynaklarının boşalmasını sağlayan karst akiferinin depolama kapasitesinin büyük, drenajın ise yavaş olduğu sonucuna varılmaktadır.

SU KİMYASI VE KALİTESİ

Su Analizi Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

Karstik sistemlerdeki yeraltısularının fiziksel ve kimyasal özellikleri, suların içinden geçtiği kayaların özellikleri, ortamda etkin olan fiziksel ve

kimyasal süreçler, suyun geçiş süresi ve akiferdeki dolaşım koşulları ve türü tarafından belirlenir (Lopez-Chicano vd., 2001). Yeraltısularının kimyasal bileşimlerinin belirlenmesinde ve denetiminde karbonat tepkimeleri önemli yer tutmaktadır (Appello ve Postma, 1996).

Gökpınar-1 (GK-1) kaynağında ortalama $T=11.0$ °C, $pH=7.82$, $EC=290 \mu\text{S/cm}$, $T\check{C}K=185 \text{ mg/l}$, $\text{Na}^+=2.3 \text{ mg/l}$, $\text{K}^+=1.0 \text{ mg/l}$, $\text{Ca}^{++}=47.5 \text{ mg/l}$, $\text{Mg}^{++}=6.5 \text{ mg/l}$, $\text{HCO}_3^-=151.0 \text{ mg/l}$, $\text{Cl}^-=5.7 \text{ mg/l}$, $\text{SO}_4=13.1 \text{ mg/l}$, Sertlik= 14.6 °FS' dir (Çizelge 7). Aynı parametrelerin, Gökpınar-2 (GK-2) kaynağındaki ortalama değerleri sırasıyla 10.9 °C, 7.87 , $293 \mu\text{S/cm}$, 190 mg/l , 2.4 mg/l , 1.1 mg/l , 47.5 mg/l , 7.1 mg/l , 151.0 mg/l , 5.3 mg/l , 12.5 mg/l , 14.8 °FS' dir.

Gökpınar kaynakları dışındaki diğer kaynakların (9 adet) suları, kimyasal özellikleri yönünden Gökpınar kaynaklarına benzerlik göstermektedir. Bu kaynakların sularının Ağustos 1995 dönemi ölçüm ve analizlerine göre incelenen parametrelerinin değerleri Çizelge 7'de verilmiştir.

Gökpınar Deresi, Gökpınar kaynaklarından boşalan sular tarafından beslenmektedir, bu nedenle derenin su kimyası özellikleri kaynaklara benzerlik göstermektedir (Çizelge 6). Akarsuyun sıcaklık ve pH'ı, GD-1 noktasından GD-2 noktasına kadar (akış yönünde) artış göstermektedir. Diğer parametrelerde ise, küçük değişimler söz konusudur. Kaynak çıkışında ve Gökpınar deresi boyunca CaCO_3 çökelişi gözlenmemiştir.

Tohma Çayı'nda toplam çözünmüş madde ile birincil katyon ve anyonlar Gökpınar Deresi'nden daha fazladır. Tohma Çayı'nda Gökpınar Deresi karışım noktasının akış yukarısındaki TÇ-1 noktasında ortalama $T=15.6$ °C, $pH=8.12$, $EC=475 \mu\text{S/cm}$, $T\check{C}K=314 \text{ mg/l}$, $\text{Na}^+=18.8 \text{ mg/l}$, $\text{K}^+=5.2 \text{ mg/l}$, $\text{Ca}^{++}=63.1 \text{ mg/l}$, $\text{Mg}^{++}=12.2 \text{ mg/l}$, $\text{CO}_3^-=3.6 \text{ mg/l}$, $\text{HCO}_3^-=195.0 \text{ mg/l}$, $\text{Cl}^-=29.8 \text{ mg/l}$, $\text{SO}_4^-=35.9 \text{ mg/l}$, Sertlik= 20.9 °FS' dir (Çizelge 6). Gökpınar Deresi'nin Tohma Çayı'na karışım noktasının akış aşağısındaki TÇ-2 noktasında aynı parametrelerin ortalama değerleri sırasıyla, 13.2 °C, 8.28 , $331 \mu\text{S/cm}$, 217 mg/l , 7.1 mg/l , 2.0 mg/l , 50.0 mg/l , 8.3 mg/l , 5.1 mg/l , 156.0 mg/l , 11.4 mg/l , 18.5 mg/l , 15.9 °FS dir. Gökpınar Deresi suyunun sıcaklık, sertlik ve çözünmüş iyonları Tohma Çayı'nın aynı parametrelerinden düşük olduğundan, iki akarsuyun karışımından sonraki TÇ-2 noktasında sıcaklık, sertlik ve diğer

Çizelge 6. Gökçınar Deresi ve Tohma Çayı sularının kimyasal analizleri.
Table 6. Chemical analyses of the Gökçınar Stream and Tohma River waters.

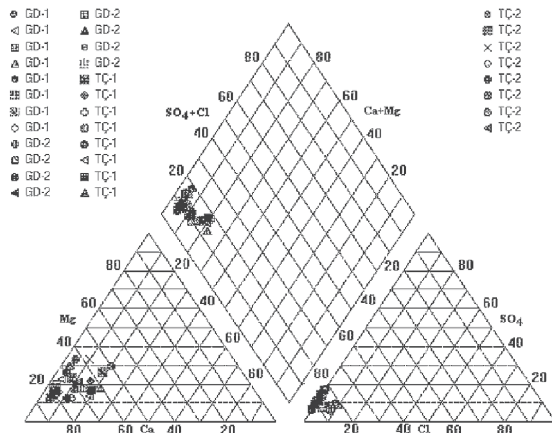
Örnek no.	Su no.	Ölçüm ve örnekleme tarihi	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	TÇK (mg/L)	Kationlar (mg/L)				Anyonlar (mg/L)				Sertlik (°FS)	SAR	Sulama suyu sınıfı
							Na	K	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄			
Örnekleme noktası: Gökçınar Kaynakları akış aşağısı (GD-1)																	
15	GD-1	04.08.1995	11.4	7.85	285	185	2.5	1.1	40.0	10.0	0.0	143.0	5.5	11.5	14.1	0.030	C ₂ S ₁
23	GD-1	29.09.1995	11.5	7.90	295	190	2.3	1.0	46.0	8.5	0.0	158.0	7.5	8.5	15.0	0.025	C ₂ S ₁
33	GD-1	31.10.1995	11.2	7.83	295	190	2.1	0.9	48.0	7.3	0.0	146.0	7.0	9.5	15.0	0.025	C ₂ S ₁
44	GD-1	22.04.1996	11.4	7.98	312	200	2.4	1.3	52.0	7.3	0.0	152.0	7.5	14.0	15.0	0.028	C ₂ S ₁
53	GD-1	30.05.1996	11.5	7.90	300	195	2.3	1.1	53.0	5.0	0.0	162.0	3.5	15.0	15.3	0.027	C ₂ S ₁
63	GD-1	17.07.1996	11.7	7.75	275	170	2.3	1.3	48.0	5.5	0.0	147.0	4.0	10.0	14.3	0.028	C ₂ S ₁
73	GD-1	13.08.1996	11.2	7.95	280	180	2.0	1.2	46.0	4.3	0.0	152.0	4.5	11.0	13.3	0.024	C ₂ S ₁
83	GD-1	27.09.1996	11.3	8.00	270	170	2.1	1.0	50.0	4.9	0.0	140.0	4.5	12.5	14.5	0.022	C ₂ S ₁
En küçük			11.2	7.75	270	170	2.0	0.9	40.0	4.3	0.0	140.0	3.5	8.5	13.3	0.022	C ₂ S ₁
En büyük			11.7	8.00	312	200	2.5	1.3	53.0	10.0	0.0	162.0	7.5	15.0	15.3	0.030	C ₂ S ₁
Ortalama			11.4	7.9	289	185	2.3	1.1	47.9	6.6	0.0	150.0	5.5	11.5	14.6	0.026	C ₂ S ₁
Örnekleme noktası: Gökçınar Deresi-Tohma Çayı birleşiminin akış yukarısı (GD-2)																	
4	GD-2	03.08.1995	13.8	8.50	275	180	2.3	1.0	38.0	12.0	7.5	128.0	7.0	9.0	14.4	0.026	C ₂ S ₁
25	GD-2	29.09.1995	12.2	8.40	290	190	2.4	1.1	42.0	11.0	6.0	140.0	9.0	13.5	15.0	0.027	C ₂ S ₁
35	GD-2	31.10.1995	11.7	8.50	305	200	2.2	1.0	42.0	9.5	6.0	134.0	7.5	14.0	14.4	0.026	C ₂ S ₁
46	GD-2	22.04.1996	12.0	8.30	305	200	2.9	1.5	50.0	6.0	4.5	150.0	5.5	13.0	15.0	0.034	C ₂ S ₁
55	GD-2	30.05.1996	12.3	8.35	285	190	2.5	1.2	50.0	6.0	6.0	144.0	5.5	10.0	15.0	0.029	C ₂ S ₁
65	GD-2	17.07.1996	13.7	8.25	275	180	2.3	1.3	48.0	5.0	5.0	135.0	3.5	9.5	14.1	0.028	C ₂ S ₁
75	GD-2	13.08.1996	12.0	8.15	275	180	2.0	1.1	46.0	3.7	4.5	146.0	4.0	10.0	13.0	0.023	C ₂ S ₁
85	GD-2	27.09.1996	12.1	8.35	265	170	1.9	1.0	44.0	6.0	7.5	122.0	3.5	12.0	14.0	0.022	C ₂ S ₁
En küçük			11.7	8.15	265	170	1.9	1.0	38.0	3.7	4.5	122.0	3.5	9.0	13.0	0.022	C ₂ S ₁
En büyük			13.8	8.50	305	200	2.9	1.5	50.0	12.0	7.5	150.0	9.0	14.0	15.0	0.034	C ₂ S ₁
Ortalama			12.5	8.35	284	186	2.3	1.1	45.0	7.4	5.9	137.0	5.7	11.4	14.4	0.027	C ₂ S ₁
Örnekleme noktası: Gökçınar Deresi karışım noktasının akış yukarısı (TÇ-1)																	
3	TÇ-1	03.08.1995	16.4	8.20	520	350	19.0	6.5	60.0	17.0	6.0	200.0	32.0	37.0	22.0	0.56	C ₂ S ₁
24	TÇ-1	29.09.1995	14.6	8.17	527	350	17.5	5.4	70.0	14.5	4.5	215.0	34.0	34.5	23.5	0.50	C ₂ S ₁
34	TÇ-1	31.10.1995	15.2	8.28	505	330	19.5	5.0	48.0	17.0	5.0	153.0	32.0	40.0	19.0	0.61	C ₂ S ₁
45	TÇ-1	22.04.1996	10.7	8.12	410	270	13.0	4.0	60.0	9.5	3.0	215.0	18.0	24.0	19.0	0.41	C ₂ S ₁
54	TÇ-1	30.05.1996	16.2	8.28	450	290	18.5	4.5	65.0	9.7	4.5	195.0	26.5	37.5	20.5	0.56	C ₂ S ₁
64	TÇ-1	17.07.1996	19.5	7.96	445	290	20.0	6.0	70.0	8.5	3.0	192.0	30.0	38.0	21.0	0.59	C ₂ S ₁
74	TÇ-1	13.08.1996	16.5	7.85	510	340	21.0	5.3	72.0	11.0	0.0	208.0	34.0	45.0	22.5	0.60	C ₂ S ₁
84	TÇ-1	27.09.1996	15.7	8.05	435	290	22.0	4.8	60.0	10.5	3.0	178.0	32.0	31.0	19.3	0.68	C ₂ S ₁
En küçük			10.7	7.85	410	270	17.5	4.0	48.0	8.5	0.0	153.0	18.0	31.0	19.0	0.41	C ₂ S ₁
En büyük			19.5	8.28	527	350	22.0	6.5	72.0	17.0	6.0	215.0	34.0	45.0	23.5	0.68	C ₂ S ₁
Ortalama			15.6	8.12	475	314	18.8	5.2	63.1	12.2	3.6	195.0	29.8	35.9	20.9	0.56	C ₂ S ₁
Örnekleme noktası: Gökçınar Deresi karışım noktasının akış aşağısı (TÇ-2)																	
5	TÇ-2	03.08.1995	15.0	8.45	310	210	6.3	2.1	46.0	8.5	6.0	150.0	14.0	14.0	15.0	0.24	C ₂ S ₁
26	TÇ-2	29.09.1995	12.6	8.35	335	220	5.4	1.8	50.0	10.0	4.5	162.0	12.5	19.0	16.6	0.18	C ₂ S ₁
36	TÇ-2	31.10.1995	12.7	8.40	375	240	7.0	2.4	42.0	14.5	6.5	145.0	14.5	19.5	16.5	0.24	C ₂ S ₁
47	TÇ-2	22.04.1996	11.4	8.25	345	225	4.4	1.2	55.0	6.5	4.5	165.0	10.0	21.0	16.4	0.14	C ₂ S ₁
56	TÇ-2	30.05.1996	13.0	8.30	325	210	7.7	2.0	53.0	5.0	5.0	145.0	9.0	20.0	15.3	0.27	C ₂ S ₁
66	TÇ-2	17.07.1996	15.0	8.15	315	210	8.4	2.3	52.0	7.5	6.0	152.0	8.5	20.0	16.1	0.26	C ₂ S ₁
76	TÇ-2	13.08.1996	13.0	8.20	305	200	8.7	2.1	50.0	5.0	5.5	150.0	10.0	14.5	14.6	0.25	C ₂ S ₁
86	TÇ-2	27.09.1996	13.0	8.15	340	220	9.0	2.3	52.0	9.5	3.0	177.0	12.5	20.0	16.9	0.30	C ₂ S ₁
En küçük			11.4	8.15	305	200	5.4	1.2	42.0	5.0	3.0	145.0	8.5	14.0	14.6	0.14	C ₂ S ₁
En büyük			15.0	8.45	375	240	9.0	2.4	55.0	14.5	6.5	177.0	14.5	21.0	16.9	0.30	C ₂ S ₁
Ortalama			13.2	8.28	331	217	7.1	2.0	50.0	8.3	5.1	156.0	11.4	18.5	15.9	0.24	C ₂ S ₁

çözünmüş iyon miktarları azalmaktadır. Diğer bir deyişle, Gökpinar Deresi Tohma Çayı'nda seyrelme oluşturmaktadır.

Gökpinar Deresi, Tohma Çayı ve kaynak suları genelde Ca, Mg ve HCO₃ iyonlarının hakim olduğu sulardır. Sular, Piper diyagramı (Piper, 1944) kullanılarak, tiplerine veya hidrokimyasal fasiyeslerine göre sınıflanabilmektedir (Back, 1966). Diyagram, kayaç cinsi ile suyun bileşimi arasındaki ilişkiyi ve akış yolu boyunca geçirdiği kimyasal evrimi gösterebilmektedir (Appello ve Postma, 1996; Drever, 1997; Mather, 1997). Piper diyagramı kullanılarak inceleme alanı suları sınıflandırılmıştır. Buna göre, inceleme alanı suları kalsiyum bikarbonatlı sular sınıfına girmektedir (Şekil 4 ve 5).

Su Analizlerinin İçme ve Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesi

TSE'nin İçme Suyu Standartları'na göre (TSE, 1986) inceleme alanındaki sular, ölçülmüş ve analizi yapılmış parametreler açısından standartlara uygundur. Çevre Bakanlığı (1988)'nin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki "Kıtaçsu Kaynakları Kalite Kriterleri"ne göre, Gökpinar Deresi ve Tohma Çayı'nın suları, "yüksek kaliteli su" (Sınıf I) sınıfında yer almaktadır. Bu sınıftaki sular, ilgili yönetmeliğe göre, yalnız dezenfeksiyon ile içmesuyu temini, alabalık ve hayvan üretimi, çiftlik gereksinimi ve diğer amaçlar için uygundur. Aynı yönetmelikteki "Yeraltıları Kalite Ölçütleri" açısından inceleme alanındaki kaynak



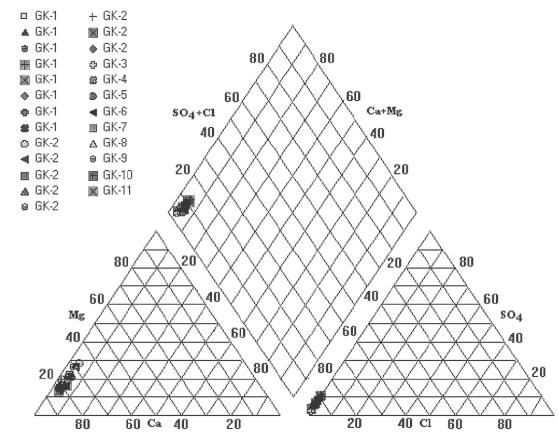
Şekil 4. Gökpinar Deresi ve Tohma Çayı sularının üçgen diyagramda sınıflandırılması.

Figure 4. Classification of the Gökpinar Stream and Tohma River waters in the trilinear diagram.

suları, "yüksek kaliteli yeraltıları" (Sınıf YAS I) sınıfındadır. Bu sınıftaki yeraltıları; içme, gıda endüstrisi ve diğer her türlü kullanıma uygundur.

Sulama amacıyla kullanılan sularda çözünmüş halde bulunan maddelerin (tuzların) bir kısmı, bitki besin maddelerini veya toprağın verimli olmasına yardım eden yararlı maddeleri (tuzları) oluştururken, bir kısmı da bitki gelişmesini azaltan hatta önleyici etki yapan maddeleri oluşturur. Sularda çözünmüş halde bulunan bu maddelerin miktarı, cinsi ve özellikleri sulama yönünden suların kalitesini belirler (Erözel, 1986; Kızılkaya, 1983).

Sulama sularının kalitesinin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan ölçütler, suda çözünmüş maddelerin (tuzların) toplam derişimi ve sodyum katyonunun sudaki diğer katyonlara oranıdır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Richards, 1954)'nda, toplam çözünmüş tuz miktarı elektriksel iletkenlik (EC) olarak belirtilmektedir. Sodyum zararının ölçüsü olarak ise, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) kullanılmaktadır. Bu diyagram kullanılarak yapılan sınıflamaya göre, inceleme alanındaki tüm sular C₂S₁ sınıfında yer almaktadır (Şekil 6). C₂S₁ sınıfındaki sular orta derecede tuzlu ve düşük sodyumlu sular olup, tuza karşı hassas bitkiler dışında her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilir.

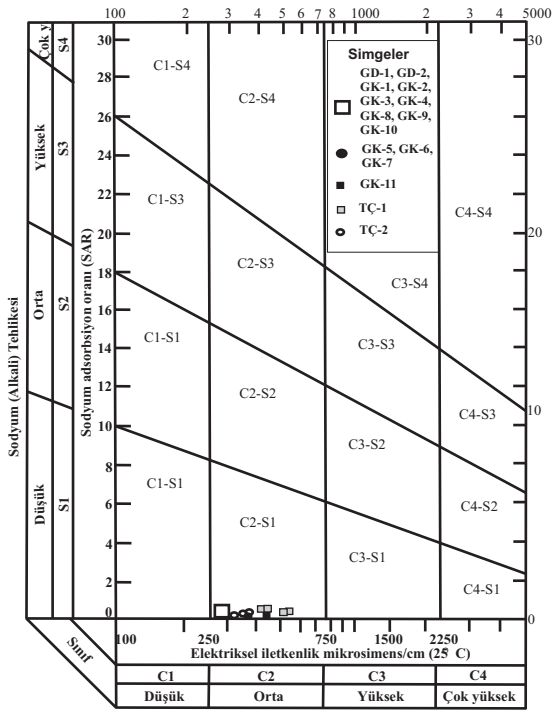


Şekil 5. Kaynak sularının üçgen diyagramda sınıflandırılması.

Figure 5. Classification of the spring waters in the trilinear diagram.

Çizelge 7. Kaynak sularının kimyasal analizleri.
Table 7. Chemical analyses of the spring waters.

Örnek no.	Su no.	Öçüm ve örnekleme tarihi	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	TÇK (mg/L)	Kanyonlar (mg/L)						Anyonlar (mg/L)			Sertlik (°FS)	SAR	Sulama suyu sınıfı
							Na	K	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄				
Örnekleme noktası: Gökpinar-1 kaynağı (GK-1)																		
1	GK-1	02.08.1995	10.8	7.65	280	180	2.4	1.0	40.0	9.0	0.0	150.0	5.5	11.0	13.7	0.032	C ₂ S ₁	
22	GK-1	29.09.1995	11.0	7.90	295	190	2.3	0.9	46.0	8.5	0.0	153.0	7.5	12.5	15.0	0.027	C ₂ S ₁	
32	GK-1	31.10.1995	10.8	7.92	305	180	2.1	1.0	48.0	8.0	0.0	153.0	9.0	11.5	15.5	0.024	C ₂ S ₁	
43	GK-1	24.04.1996	11.0	7.80	310	200	2.6	1.2	50.0	6.0	0.0	150.0	5.5	16.5	15.0	0.029	C ₂ S ₁	
52	GK-1	30.05.1996	11.0	7.85	298	190	2.4	1.1	54.0	5.0	0.0	158.0	3.5	16.0	15.6	0.027	C ₂ S ₁	
62	GK-1	17.07.1996	11.1	7.75	270	180	2.2	1.0	48.0	4.5	0.0	147.0	5.0	12.0	13.9	0.028	C ₂ S ₁	
72	GK-1	13.08.1996	11.0	7.85	285	180	2.0	0.9	46.0	5.0	0.0	150.0	4.5	11.5	13.6	0.022	C ₂ S ₁	
82	GK-1	27.09.1996	11.0	7.85	280	180	2.1	1.0	48.0	6.0	0.0	145.0	5.0	13.5	14.5	0.022	C ₂ S ₁	
En küçük			10.8	7.65	270	180	2.0	0.9	40.0	4.5	0.0	145.0	3.5	11.0	13.6	0.022		
En büyük			11.1	7.92	310	200	2.6	1.2	54.0	9.0	0.0	158.0	9.0	16.5	15.6	0.032		
Ortalama			11.0	7.82	290	185	2.3	1.0	47.5	6.5	0.0	151.0	5.7	13.1	14.6	0.026		
Örnekleme noktası: Gökpinar-2 kaynağı (GK-2)																		
2	GK-2	02.08.1995	10.9	7.80	285	190	2.5	1.1	40.0	10.0	0.0	144.0	5.5	11.5	14.1	0.031	C ₂ S ₁	
21	GK-2	29.09.1995	10.9	7.95	307	200	2.3	1.0	44.0	10.0	0.0	153.0	7.5	12.0	15.1	0.027	C ₂ S ₁	
31	GK-2	31.10.1995	10.8	7.90	306	200	2.2	0.9	48.0	8.5	0.0	150.0	7.0	12.0	15.5	0.027	C ₂ S ₁	
42	GK-2	24.04.1996	10.9	7.65	310	200	2.5	1.3	50.0	6.0	0.0	150.0	5.5	16.5	15.0	0.029	C ₂ S ₁	
51	GK-2	30.05.1996	11.0	7.85	298	190	2.8	1.2	54.0	5.0	0.0	158.0	3.5	13.0	15.6	0.033	C ₂ S ₁	
61	GK-2	17.07.1996	11.1	7.90	285	190	2.4	1.1	50.0	6.0	0.0	153.0	3.5	12.0	15.0	0.029	C ₂ S ₁	
71	GK-2	13.08.1996	10.9	7.95	270	170	2.1	1.0	44.0	6.5	0.0	150.0	4.5	9.0	13.7	0.026	C ₂ S ₁	
81	GK-2	27.09.1996	10.9	7.95	285	180	2.3	1.1	50.0	5.0	0.0	147.0	5.0	14.0	14.6	0.027	C ₂ S ₁	
En küçük			10.8	7.65	270	170	2.1	0.9	40.0	5.0	0.0	144.0	3.5	9.0	13.7	0.026		
En büyük			11.1	7.95	310	200	2.8	1.3	54.0	10.0	0.0	158.0	7.5	16.5	15.6	0.033		
Ortalama			10.9	7.87	293	190	2.4	1.1	47.5	7.1	0.0	151.0	5.3	12.5	14.8	0.029		
Örnekleme noktaları: Diğer kaynaklar																		
6	GK-3	04.08.1995	9.4	7.65	295	190	1.4	0.5	42.0	5.0	0.0	147.0	7.5	3.0	12.6	0.054	C ₂ S ₁	
7	GK-4	04.08.1995	10.0	8.25	270	180	1.4	0.7	46.0	5.0	3.0	134.0	7.0	7.0	13.6	0.052	C ₂ S ₁	
8	GK-5	04.08.1995	9.5	7.55	345	230	2.1	3.4	50.0	8.5	0.0	189.0	7.5	8.5	16.0	0.072	C ₂ S ₁	
9	GK-6	04.08.1995	10.6	7.90	335	220	3.5	0.8	50.0	6.0	0.0	177.0	10.5	9.5	15.0	0.123	C ₂ S ₁	
10	GK-7	04.08.1995	9.4	7.70	335	220	2.0	1.3	50.0	5.5	0.0	168.0	9.0	9.0	14.8	0.072	C ₂ S ₁	
11	GK-8	04.08.1995	8.5	7.55	300	200	1.8	1.0	45.0	5.0	0.0	159.0	3.5	7.5	13.3	0.066	C ₂ S ₁	
12	GK-9	04.08.1995	8.3	7.70	295	190	1.4	0.8	38.0	8.5	0.0	162.0	7.5	6.5	13.0	0.053	C ₂ S ₁	
13	GK-10	04.08.1995	8.3	7.80	285	190	1.4	0.7	40.0	6.0	0.0	150.0	7.0	4.0	12.5	0.054	C ₂ S ₁	
14	GK-11	04.08.1995	11.7	7.65	435	290	4.2	1.2	60.0	7.5	0.0	198.0	9.0	19.5	18.1	0.135	C ₂ S ₁	
En küçük			8.3	7.55	270	180	1.4	0.5	38.0	5.0	0.0	134.0	3.5	3.0	12.5	0.053		
En büyük			11.7	8.25	435	290	4.2	3.4	60.0	8.5	3.0	198.0	10.5	19.5	18.1	0.135		



Şekil 6. İnceleme alanındaki suların sulama suyu sınıflaması.

Figure 6. Irrigation water classification of the waters in the study area.

SONUÇLAR

Gökpınar kaynakları ve civarının hidrojeolojik özelliklerini, kaynakların boşalım rejimini ve suların kimyasal özellikleri ile kalitesini belirlemek amacıyla yapılan bu araştırma çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

İnceleme alanında Jura-Kretase yaşlı Yüceyurt formasyonu ana akiferi oluşturmaktadır. Esas olarak kireçtaşı ve yer yer dolomitik kireçtaşından oluşan formasyonda iyi gelişmiş bir karst sistemi vardır. Bu formasyonda (karst akiferinde) depolanan yeraltı suyunu iki ana noktadan boşaltan Gökpınar kaynaklarının toplam debisi 4.5-7.8 m³/s arasında değişmektedir.

Gökpınar kaynaklarının boşalımlarının analizinden elde edilen sonuçlara göre, karst akiferinin depolama kapasitesi büyük, ancak akçılması yavaştır. Akiferin depolama kapasitesi 239x10⁶ m³, boşalım katsayısı 2.83x10⁻³ gün⁻¹dir.

Gözlem döneminde Gökpınar Deresi akımları GD-1 ölçüm noktasında 4.48-7.28 m³/s ve GD-2 ölçüm noktasında 5.10-8.35 m³/s arasında değişmiştir. Tohma Çayının akımları ise, TÇ-1 ölçüm noktasında 0.95-6.90 m³/s, TÇ-2 ölçüm noktasında 6.65-13.00 m³/s arasındadır.

İnceleme alanı sularında hakim iyonlar Ca, Mg ve HCO₃ olup, sular kalsiyum bikarbonatlı sular sınıfında yer almaktadır. Sular ayrıca TSE (1986) ve Çevre Bakanlığı'nın (1988) içmesuyu standartlarına uygundur. Sulama suyu açısından orta derecede tuzlu, düşük sodyumlu (C₂S₁ sınıfında) sulardır.

KATKI BELİRTME

Bu araştırma, Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu (Bilimsel Araştırmalar Birimi) tarafından M-062 no'lu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- APHA-AWWA-WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19th ed.). American Public Health Association, Washington DC, USA.
- Appelo, C. A. J., and Postma, D., 1996. Gechemistry, Groundwater and Pollution. Balkema.
- Atabey, E., 1993. Gürün otoktonunun stratigrafisi (Gürün-Sarız arası), Doğu Toroslar-GB Sivas. Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 99-113.
- Atabey, E., Bağırşakçı, S., Canpolat, M., Gökkaya, K. Y., Günel, S. ve Kılıç, N., 1994. Gürün, Kangal (Sivas)-Darende, Hasançelebi (Malatya) arasının jeolojisi. MTA Derleme Raporu No. 9760 (yayımlanmamış).
- Atabey, E., Bağırşakçı, S., Gökkaya, K. Y., Günel, S., Kılıç, N. ve Canpolat, M., 1997.1: 100000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları No: 49 Elbistan-H 24 Paftası. MTA Yayını.
- Aziz, A., Erakman, B., Kurt, G. ve Meşhur, M., 1982. Pınarbaşı-Sarız-Gürün ilçeleri arasında kalan alanın jeoloji raporu. TPAO Rapor. No. 1601 (yayımlanmamış).
- Back, W., 1966. Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in northern part of atlantic coastal plain. U. S. Geological Survey Professional Paper 498-A.
- Bonacci, O., 2001. Analysis of the maximum discharge of karst springs. Hydrogeology Journal, 9 (4), 328-338.

- Çevre Bakanlığı, 1988. Su kirliliği kontrol yönetmeliği. Resmi Gazete, 09.09.1988, Sayı 19919.
- De Vries, J. J., and Simmers, I., 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal*, 10, 5-17.
- Drever, J. I., 1997. *The Geochemistry of Natural Waters*. Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Erözel, Z., 1986. Sulamada su kalitesi ve tuzluluk sorunları. Ali Balaban (Derleyen) Kültürteknikçe Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No. 996, Ankara.
- Ford, D. C., and Williams, P. W., 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, London.
- Günay, G. ve Yayan, T., 1979. Antalya-Kırkgöz karst kaynaklarının hidrojeolojisi. DSİ-UNDP projesi (TUR/77/015) No. 32.
- Hem, J. D., 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. US Geological Survey, Water Supply Paper 2254, USA.
- Hendricx, J. M. H., and Walker, G. R., 1997. Recharge from precipitation. In: *Recharge of Phreatic Aquifers in (Semi-) Arid Areas*, Ian Simmers (ed.), IAH Publication 19, Balkema, 19-111.
- Hötzl, H., 1995. Groundwater recharge in an arid karst area (Saudi Arabia). *IAHS Publication* 232, 195-207.
- Kaçaroğlu, F., 2001. Gürün-Gökpınar kaynakları ve civarının hidrojeoloji incelemesi. Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No. M-062, Sivas.
- Karanjac, J., 1977. Recession hydrograph analysis in karst. In: *DSİ-UNDP Seminar on Karst Hydrogeology*, Antalya, Turkey, 65-85.
- Kızılkaya, T., 1983. Sulama ve Drenaj. DSİ Yayını No. 924, Ankara.
- Kurtman, F., 1973. Gürün bölgesinde Elbistan K38-b1 ve K38-b4 paftalarının petrol etüdü. MTA Derleme Rapor No. 4044 (yayımlanmamış).
- Kurtman, F., 1978. Gürün bölgesinin jeolojik ve tektonik özellikleri. *MTA Dergisi.*, 91, 1-12.
- Lerner, D., 1997. Groundwater recharge. In: *Geochemical Processes, Weathering and Groundwater Recharge in Catchments*, Ola M. Saether and Patricia De Caritat (eds.), Balkema, 109-150.
- Lopez-Chicano, M., Bouamama, M., Vallejos, A., and Pulido-Bosch, A., 2001. Factors which determine the hydrogeochemical behaviour of karstic springs: A case study from the Betic Cordilleras, Spain. *Applied Geochemistry*, 16, 1179-1192.
- Maillet, E., 1905. *Essais d'Hydraulique souterraine et fluviale*. Hermann, Paris.
- Mather, J., 1997. Collection and analysis of groundwater samples, In: *Geochemical Processes, Weathering and Groundwater Recharge in Catchments*, Ola M. Saether, Patricia De Caritat (eds.) Balkema, Rotterdam, 167-184.
- Milanovic, P. T., 1981. *Karst Hydrogeology*. Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA.
- Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78.
- Piper, A. M., 1944. A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *American Geophysical Union Transactions*, 25, 914-923.
- Richards, L. A. (ed.), 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*, in *Agriculture Handbook* 60, U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C.
- TSE, 1986. *Türk İçmesuyu Standartları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- White, W. B., 1988. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University. Press, Oxford.
- Yalçın, H., 1999. Gürün Neojeni kimyasal ve volkanojenik kayaların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje Rapor No. M-129, Sivas, 33 s (yayımlanmamış).