

# TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Aralık 2008 Cilt 51 Sayı 3  
December 2008 Volume 51 Number 3

ISSN 1016-9164



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
Chamber of Geological Engineers of Turkey

**YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD**

ÇAĞLAN Dündar	Başkan / President
ATIL Hakkı	İkinci Başkan / Vice President
ERCAN Sami	Yazman / Secretary
KURTOĞLU Çetin	Sayman / Treasurer
ALAN Hüseyin	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
ULUŞAHİN Adem	Yayın Üyesi / Member of Publication
YENER Ali Burak	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs

**TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ**  
*Geological Bulletin of Turkey*

**Yayın Kurulu / Publication Board**

<b>Editörler / Editors</b>	<b>Yardımcı Editör / Assistant Editor</b>
Cemal TUNOĞLU, Hacettepe Üniversitesi tunay@hacettepe.edu.tr	İbrahim Kadri ERTEKİN, Hacettepe Üniversitesi iertekin@hacettepe.edu.tr
Kadir DİRİK, Hacettepe Üniversitesi kdirik@hacettepe.edu.tr	<b>İngilizce Editörü / English Editor</b> Margaret SÖNMEZ

**Yazı İnceleme Kurulu / Editorial Board**

ALTINER Demir (Ankara, Türkiye)	OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)
BAYHAN Hasan (Ankara, Türkiye)	PAKTUNÇ Doğan (Ontario, Kanada)
BESBELLİ Berk (Ankara, Türkiye)	ROBERTSON Alastair (Edinburg, UK)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	SAKINÇ Mehmet (İstanbul, Türkiye)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	SATIR Muharrem (Tübingen, Almanya)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	ŞEN Şevket (Paris, Fransa)
GÖKÇE Ahmet (Sivas, Türkiye)	TATAR Orhan (Sivas, Türkiye)
GÖKTEN Ergun (Ankara, Türkiye)	TEKİN U. Kağan (Ankara, Türkiye)
GÖNCÜOĞLU M. Cemal (Ankara, Türkiye)	TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
KARAKAYA Muazzez Çelik (Konya, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	USTAÖMER Timur (İstanbul, Türkiye)
KELLING Gilbert (Staffordshire, UK)	VASELLI Orlando (Florans, İtalya)
MAMEDOV Musa (Baku, Azerbaycan)	WALASZCZYK Ireneusz (Warszawa, Polonya)
NOKAMAN M. Eran (İzmir, Türkiye)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
ÖZER Sacit (İzmir, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)	YİĞİTBAŞ Erdinç (Çanakkale, Türkiye)
	YÜRÜR M. Tekin (Ankara, Türkiye)

**Yazışma Adresi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel: (312) 434 36 01  
Faks: (312) 434 23 88  
E-posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

**Correspondence Address**

UCTEA Chamber of Geological Engineers of TURKEY  
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara  
Phone: +90 312 434 36 01  
Fax: +90 312 434 23 88  
E-mail: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yerel Süreli Yayın
Baskı (Printed by)	: Mattek Matbaacılık Bas.Yay.Tan.San.Tic.Ltd.Şti. G.M.K. Bulvarı 83/23 Maltepe/Ankara Tel: 0.312 229 15 02
Baskı Tarihi	: 21. 10. 2008
Baskı Adedi	: 3000

# TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Aralık 2008 Cilt 51 Sayı 3  
December 2008 Volume 51 Number 3

ISSN 1016-9164

APAYDIN A.

**Çavuşköy Alüvyon Akiferinde (Sungurlu-Çorum) Yeraltısuyunun Kalitesi ve**

**Sulamada Kullanılabilirliği** *Groundwater Quality and Usability for Irrigation in the Çavuşköy*

*Alluvium Aquifer (Sungurlu-Çorum).....115*

SAYDAM EKER Ç.

**Gümüşhane Bölgesindeki Eosen Kumtaşlarının Sedimanter Petrografisi ve Levha Tektoniği**

**Ölçekli Provenansına Bir Yaklaşım**

*Sedimanter Petrographic Properties of Eocene Sandstones and an Approach to Provenance*

*According to Plate Tectonics in the Gümüşhane Region.....131*

TUNOĞLU C., ERTEKİN İ.K.

**Subrecent Ostracoda Associations and the Environmental Conditions of Karstic**

**Travertine Bridges on the Zamantı River, Southern Turkey**

*Zamantı Irmağı Üzerinde Yer Alan Karstic Travertenlerde Yarı-Güncel Ostrakod Topluluğu ve*

*Ortamsal Özellikleri, Güney Türkiye.....151*

**Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo  
Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM  
Veri tabanlarında yer almaktadır.

***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology,  
Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBIM Database*

**TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

***Chamber of Geological Engineers of Turkey***

Türkiye Jeoloji Bülteni'ne 2007 Yılında sunularak sonuçlandırılan makalelerin değerlendirilmesine Yazı İnceleme Kurulu dışında katkıda bulunanlar.

*Followings are the names of the contributors in addition to the Editorial Board for reviewing of the papers submitted to the Geological Bulletin of Turkey and evaluated in 2007*

ATABEY Eşref (Ankara, Türkiye)  
BAYARI Serdar (Ankara, Türkiye)  
BAYHAN Emel (Ankara, Türkiye)  
BUKET Ersen (Ankara, Türkiye)  
ÇELİK Muazzez (Konya, Türkiye)  
ERĞİN Mustafa (Ankara, Türkiye)  
IŞIK Veysel (Ankara, Türkiye)  
KADIOĞLU Yusuf Kaan (Ankara, Türkiye)  
KAYA Tanju (İzmir, Türkiye)  
ÖZGENÇ İsmet (İzmir, Türkiye)  
SÜZEN Lütfü (Ankara, Türkiye)  
TÜRKMENOĞLU Asuman (Ankara, Türkiye)  
VAROL Baki (Ankara, Türkiye)



**Çavuşköy Alüvyon Akiferinde (Sungurlu-Çorum) Yeraltısuyunun Kalitesi ve Sulamada Kullanılabilirliği**

*Groundwater Quality and Usability for Irrigation in the Çavuşköy Alluvium Aquifer (Sungurlu-Çorum)*

**Ahmet APAYDIN**

*DSİ V. Bölge Müdürlüğü Eskişehir yolu 8. km 06520 Ankara*

*(e-posta: aapaydin@dsi.gov.tr)*

**ÖZ**

Çalışma alanı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından sulama kooperatifi kurularak yeraltısuyundan sulama projesinin yürütüldüğü Çavuş köyü ve civarını (Çorum-Sungurlu) kapsamaktadır. İncelenen akifer, yağış ve akarsudan beslenen serbest akifer özelliğindeki alüvyondur. Akiferin kalınlığı proje alanında 24-35 m, kuyu verimleri 6-20 l/s arasında değişmektedir. Çavuşköy akiferinde DSİ tarafından açılan kuyulardan alınan yeraltısuyu örneklerinde tuzluluk kısmen yüksek (elektriksel iletkenlik 2150-2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) çıkmıştır. Bunun üzerine, sulama için risk taşıdığı bilinen tuzluluğun ve sulamada önemli olan sodyum, bor ve artık sodyum karbonatın (R.C.S) miktarı, dağılımı ile yeraltısularının sulamada kullanılabilirliği araştırılmıştır. 2003 yılında ilk kez ve 2004 yılında yeniden alınan su örneklerinden elde edilen kimyasal analiz sonuçları ve bazı kuyulardan alınan iletkenlik ve sıcaklık logları jeolojik-hidrojeolojik yapı ile birlikte yorumlanarak tuzluluğun olası kaynakları, akiferdeki dağılımı ve boyutları ile yeraltısularının sulamaya uygunluğu literatürdeki sınıflamalara göre değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, çalışma alanının akışaşağı kesimlerinde tuzluluğun kısmen (elektrik iletkenliği 2300-2500 arası) yüksek olduğu, ancak sulama için önemli diğer parametreler olan sodyum, bor ve artık sodyum karbonat oranlarında sorun bulunmadığı saptanmıştır. Tarımsal çalışmalara göre de topraklarda tuzluluk ve drenaj sorunu bulunmaması ve ayrıca bölgede yetiştirilen ürünlerin tuza dayanımlarının literatür bilgilerine göre sahadaki yeraltısularında tespit edilen değerlerin üzerinde olması nedeniyle, sulama, tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesi ve tarımın kontrollü bir şekilde uzmanların denetiminde yapılması koşuluyla önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çavuşköy akiferi, iletkenlik logu, kimyasal analiz, pompalama deneyi, sıcaklık logu, sulama, yeraltısuyu tuzluluğu

## ABSTRACT

*The study area covers the groundwater irrigation project area of the State Hydraulic Works (DSİ) in Çavuşköy village in the Sungurlu district of the Çorum province. The aquifer studied is an unconfined alluvium which is recharged from precipitation and a stream. The aquifer's thickness varies between 24 m and 35 m, and the well yield ranges between 6 l/s and 20 l/s. High salinity values (Electrical conductivity, EC= 2150-2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) were encountered in groundwaters abstracted from the DSİ irrigation wells in the Çavuşköy aquifer. For this reason, the level and spatial extent of EC, boron and residual sodium carbonate (R.S.C) and the suitability of the groundwaters for irrigation were investigated. The risk of salinization and the usability of the groundwaters for irrigation were evaluated by interpreting results of chemical analyses of water samples collected first in 2003 and then repeated in 2004, and of electrical conductivity logs and temperature logs, in the light of the existing geological/hydrogeologic structure.*

*According to the evaluation of all data mentioned above, the salinity of the groundwater in the lower part of the area is moderately high, while the sodium, boron and residual sodium carbonate contents, which are generally significant limitations in irrigation, seem not to be problematic. Since no drainage problem exists in the soils of the irrigation area, and the salinity tolerance of the crops already preferred by the local farmers is rather high, it is suggested that salt resistant crop types must continue to be grown and that irrigation must be applied under the supervision of experts in order to minimize the risk of salinization.*

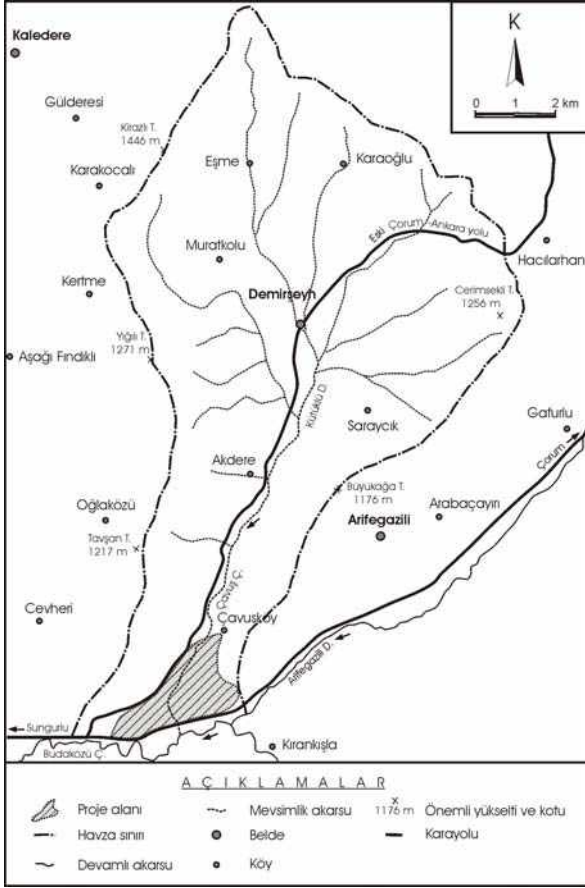
**Keywords:** Çavuşköy aquifer, conductivity log, chemical analysis, pumping test, temperature log, irrigation, groundwater salinity

## GİRİŞ

Suların sulamada kullanılabilmesinde en önemli kimyasal parametreler toplam tuzluluk, sodyum (Na), bor (B), artık sodyum karbonattır (R.S.C). Yeraltısularında tuzluluk; akiferi oluşturan jeolojik formasyonun suda kolay çözünebilen mineraller içermesi, akifere tuzlu su içeren yan formasyonlardan beslenimin olması, yağış sularının veya akarsuların drenaj havzası içindeki tuzlu toprak veya jeolojik formasyonlarla teması sonucunda tuzlanarak akifere girmesi, tatlı su taşıyan akifere termal veya mineralli su girişi veya gübreleme gibi nedenlerle oluşmaktadır.

Yüzey veya yeraltısularındaki tuzluluk diğer bütün kullanım alanlarında olduğu gibi sulamada da çok önemli bir faktördür. Özellikle de büyük bir alanı tuzlu jeolojik birimlerle kaplı olan, sulama alanlarında drenaj sorunları bulunan, jeotermal kökenli tuzlanma riski olan ve bilinçli sulama konusunda henüz yeterli düzeye ulaşmamış olan ülkemizde tuzluluk veya tuzlanma sorunu ile sulama suyu kalitesi, çeşitli platformlarda tartışılmakta; bu konuda kurumsal, bireysel veya üniversite ölçeğinde çalışmalar/araştırmalar yürütülmektedir.





Şekil 2. Havzanın konumu ve drenaj ağı

Figure 2. Location and drainage network map of the basin

Proje alanı İç Anadolu Bölgesinin kuzeyinde yer almaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Gece-gündüz ve yaz-kış sıcaklık farkları belirgindir. Alanın 8 km batısındaki Sungurlu Meteoroloji istasyonuna ait 1929-1995 yılları arasındaki kayıtlara göre yıllık ortalama yağış 400 mm, ortalama sıcaklık 11.3 °C dir. Çavuş çayı, yağışlı mevsimlerde akışa geçen küçük derelerin birleşmesiyle oluşmuştur. Yerel kaynaklardan alınan bilgiye göre, yaz aylarında genellikle kurduğu bilinmektedir.

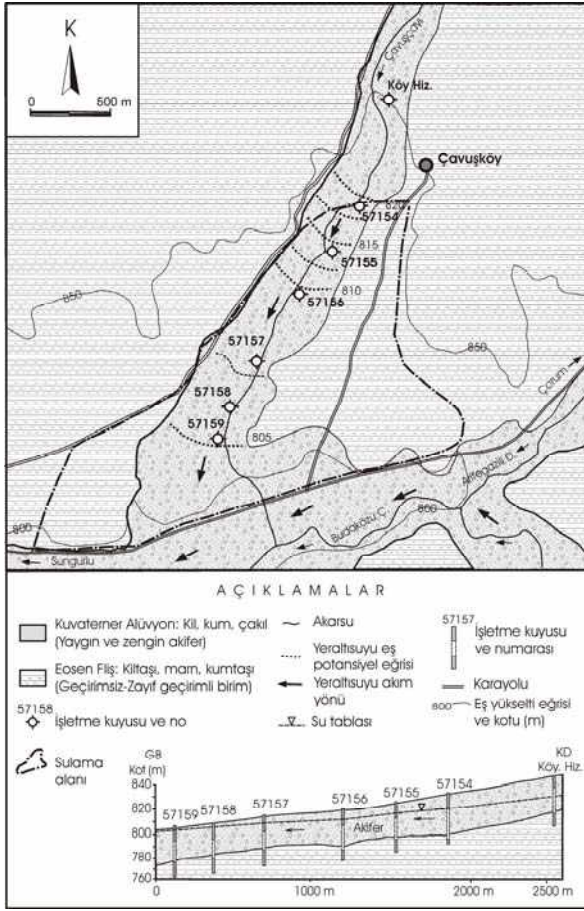
Çayın 2007 ve 2008 yılı yaz aylarında tamamen kuru olduğu gözlenmiştir.

## HİDROJEOLOJİ

Proje alanı ve yakın çevresinde yayılımı bulunan formasyonlar, Eosen yaşlı fliş ve Kuvaterner yaşlı alüvyondur. Eosen flişi, Çavuş çayı vadisinin her iki tarafında yüzeylenmekte olup, kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması şeklindedir. Çankırı-Çorum havzasında Yoncalı Formasyonu olarak adlandırılan (Birgili vd., 1975) formasyon, ince-orta tabakalı, çoğunlukla kıvrımlıdır. Genel görünümü gri-boz renklidir. Çorum-Derinceçay havzasında Apaydın (1996) tarafından yapılan çalışmalarda ender olarak çok küçük debili (< 1 l/s) kaynaklara rastlanmış ve formasyonun genel olarak geçirimsiz olduğu kabul edilmiştir. Çavuş köyünde DSİ tarafından açılan işletme kuyularında alüvyonun altındaki fliş de bir miktar delinmiş ve alüvyonun altında genellikle kilttaşlarının hakim olduğu tespit edilmiştir.

Kuzeyde, havzanın membaında bulunan Demirşeyh beldesinden başlayarak güneye doğru Çavuş çayı vadisi boyunca uzanan alüvyon ise kil, kum ve çakıllardan ibarettir. 85 km<sup>2</sup> büyüklüğündeki havzanın kuzeyinde 50-150 m, çalışma alanında ortalama 500 m genişliğinde olan alüvyon, sulama alanının güneyinde yayvanlaşarak yaklaşık 1 km genişliğe ulaşmaktadır. Alüvyonun havzadaki toplam yayılım alanı 4 km<sup>2</sup> civarındadır. Kaba taneli olduğu bölgelerde iyi bir akifer olan alüvyonun tane boyu dağılımı yatay ve düşey yönde son derece heterojendir. Sulama alanında açılan kuyulardan elde edilen bilgilere göre kalınlığı 24-35 m tespit edilen alüvyonda kuyu verimleri 6-20 l/s arasında değişmektedir.





Şekil 3. Proje alanı ve çevresinin hidrojeoloji haritası

Figure 3. Hydrogeological map of the study area and its vicinity

Çavuşköy akiferinin beslenimi yağış ve akarsudan (Çavuş Ç.) gerçekleşmektedir. Akiferde yeraltısuyu akımı topoğrafik eğim ve sınır koşullarının sonucu olarak kuzeyden güneye doğrudur. Akiferin boşalımı güneye, Budaközü alüvyonunadır. Hidrolik eğim topoğrafik eğimle

uyumlu olarak kuzeyden güneye doğru azalmaktadır. Proje alanının güneyinde doğu-batı doğrultusunda uzanan Budaközü alüvyonunda yeraltısuyu akımı topoğrafik eğim ve akarsu akım yönü ile uyumlu olarak doğudan batıya doğrudur (Şekil 3).

### ÇAVUŞ KÖYÜ YERALTISUYU SULAMA PROJESİ

Köy arazilerinde 1996 yılında DSİ tarafından yapılan ön hidrojeolojik etütler sonucunda, kooperatif kurularak yeraltısuyundan sulama yapılması planlanmıştır (Apaydın, 2005). 2001 yılında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve DSİ'ye gönderilen sulu arazi tasnif (SAT) raporunda, proje alanında toprak sınıfı ve kalitesi ile drenaj açısından bir sorun bulunmadığının belirtilmesi üzerine (Bağatır, 2001), DSİ tarafından yapılan fizibilite çalışmalarıyla (DSİ, 2001) 220 ha arazinin yağmurlama sistemi ile sulanması öngörülmüş ve 2002 yılında işletme sondaj kuyuları açılmıştır. Açılan kuyuların derinlikleri 40'ar metre, boru çapları 10<sup>3/4</sup> inç, verimleri 6-20 l/s arasında değişmektedir. Kuyularda 24 saat süreli olarak yapılan pompalama deneylerinin başlangıcında, ortasında ve sonunda olmak üzere üçer adet su örneği alınarak DSİ Su ve Toprak Laboratuvarında kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). İşletme kuyularına henüz enerji tesisi inşaatı ve pompa montajı yapılmamış olup, işletmeye geçilmemiştir.

**Çizelge 1.** Çavuşköy işletme kuyularından elde edilen yeraltısularına ait kimyasal analiz sonuçları (Örnekleme zamanı: 10.9.2003-15.10.2003)

**Table 1.** Chemical analysis data of the groundwaters of Çavuşköy production wells (sampling date: 10.9.2003-15.10.2003)

Kuyu No	R.S.C	pH	EC ( $\times 10^6$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	KATYONLAR (mek/l)			ANYONLAR (mek/l)				% Na	SAR	Sulama suyu sınıfı	Bor (ppm)	Nitrit ve Amonyak	Organik madde (ppm)
				Na	K	Ca+ Mg	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>						
57154	0	7.84	2260	10.86	0.00	19.00	0.00	11.08	1.52	14.84	36.37	3.52	C4S2	0.92	Yok	1,40
	0	7.80	2300	11.52	0.00	19.04	0.00	11.01	1.28	15.88	37.70	3.73	C4S2	1.06	Yok	1,20
	0	7.92	2300	12.38	0.00	18.92	0.00	11.27	1.80	16.40	39.57	4.03	C4S2	1.05	Yok	1,40
57155	0	7.86	2140	9.13	0.02	18.43	0.00	11.23	1.50	10.81	33.10	3.01	C3S2	0.77	Yok	1,40
	0	7.68	2150	9.13	0.02	18.45	0.00	11.20	1.53	11.85	33.08	3.01	C3S2	0.80	Yok	1,20
	0	7.64	2150	8.47	0.02	18.53	0.00	11.48	1.53	11.33	31.35	2.78	C3S2	0.73	Yok	1,60
57156	0	7.96	2120	8.91	0.02	18.10	0.00	10.91	1.32	12.24	32.96	2.96	C3S2	0.84	Yok	1,10
	0	7.92	2130	8.69	0.02	18.49	0.00	11.05	1.36	11.07	31.95	2.86	C3S2	0.88	Yok	1,10
	0	7.99	2130	8.26	0.02	18.30	0.00	11.60	1.19	11.33	31.08	2.73	C3S2	0.85	Yok	1,30
57157	0	7.85	2360	8.69	0.00	20.77	0.00	11.09	1.47	16.90	29.50	2.70	C4S2	0.89	Yok	1,20
	0	7.75	2380	9.13	0.02	21.00	0.00	11.46	1.48	16.14	30.28	2.82	C4S2	0.86	Yok	1,20
	0	7.80	2380	8.91	0.02	21.13	0.00	11.28	1.47	16.40	29.64	2.74	C4S2	0.78	Yok	1,10
57158	0	8.10	2400	7.17	0.02	20.82	1.02	8.10	1.58	17.31	25.60	2.22	C4S2	0.73	Yok	1,10
	0	8.29	2360	7.60	0.02	21.11	1.10	7.71	1.55	18.37	26.45	2.34	C4S2	0.62	Yok	1,10
	0	8.20	2430	8.26	0.02	21.18	1.28	8.51	1.53	18.14	28.04	2.54	C4S2	0.67	Yok	1,10
57159	0	8.39	2460	8.69	0.02	21.60	0.30	9.79	1.59	18.63	28.67	2.64	C3S2	0.71	Yok	1,20
	0	8.28	2420	7.60	0.02	21.40	0.16	1.49	1.53	16.84	26.19	2.32	C3S2	0.54	Yok	1,00
	0	7.97	2480	8.47	0.02	21.44	0.00	10.00	1.48	18.27	28.30	2.59	C3S2	0.64	Yok	2,00

Not 1) R.S.C: Artık sodyum karbonat, EC: Elektrik iletkenliği Not 2) Her kuyuda yapılan 24 saat süreli sabit debili pompalama deneyinin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere üç adet su örneği alınarak analiz edilmiştir.

## YERALTISUU KALİTESİNİ ARAŞTIRMAK AMACIYLA YAPILAN ÇALIŞMALAR

### Pompalama Testleri ve Yeniden Örnekleme

Proje alanında açılan işletme kuyularından ilk alınan su örneklerinde elektriksel iletkenliklerin (EC) biraz yüksek (2120-2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) çıkması nedeniyle tuzluluğu araştırmak amacıyla ilave çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda yeraltısuyu

akım yolu dikkate alınarak akışyukarıdaki 57154 ve akışaşağıdaki 57159 no.lu kuyular seçilmiştir. Daha sonra, sulama alanının 500 m akışyukarıda bulunan ve Köy Hizmetleri tarafından içme suyu amacıyla açılan kuyudan da yararlanılmıştır (bkz. Şekil 3). Seçilen kuyuların üçünde de 72 saat süreli pompalama deneyi yapılmıştır (Çizelge 2). Deneylere başlamadan önce yapılan ön tecrübe sırasında birer, deneyler sırasında başlangıçta,

ortada ve sonda olmak üzere üçer ve ayrıca Köy Hizmetleri kuyusunun yanında Çavuş çayından bir adet su örneği alınarak DSİ Su ve Toprak

Laboratuvarında kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 2.** Projeye ait işletme kuyularında ve Çavuşköyü içme suyu kuyusunda yeniden (2004) yapılan pompalama testlerinden elde edilen sonuçlar

**Table 2.** Data from Çavuşköy irrigation and drinking wells after the new tests in 2004

Kuyu No	Başlama Tarihi	Pompaj Süresi	St. Sev. (m)	Din. Sev. (m)	Düşüm (m)	Verim (l/s)	Özgül Verim (l/s/m)
57154	1.11.2004	72 saat	11.5	18.58	7.08	11	1.55
51159	23.11.2004	72 saat	0.3	10.96	10.66	19	1.78
Köy Hiz.	1.11.2004	72 saat	9.20	14.93	5.73	14	2.44

**Çizelge 3.** Tuzluluk sorununu araştırma kapsamında yapılan pompalama deneyleri sırasında alınan (28.10.2004-7.7.12.2004) su örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

**Table 3.** Chemical analysis data from Çavuşköy irrigation and drinking wells after the new tests in 2004

Kuyu No	R:S:C	pH	EC ( $\times 10^6$ $\mu$ S/cm)	KATYONLAR (mek/l)			ANYONLAR (mek/l)				%Na	SAR	Sulama suyu sınıfı	Bor (ppm)	Nitrit ve Amonyak	Organik madde (ppm)
				Na	K	Ca+Mg	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>						
57154	0	7.55	1972	8.91	0.00	16.00	0	11.11	1.20	12.60	35.77	3.15	C3S1	0.94	Yok	1,00
	0	7.94	2170	10.86	0.00	17.95	0	12.36	1.23	15.22	37.70	3.63	C3S1	1.08	Yok	1,30
	0	7.55	2220	10.21	0.00	18.07	0	12.07	1.20	15.01	36.10	3.40	C3S1	1.14	Yok	1,20
	0	7.84	1973	8.69	0.02	16.59	0	13.00	1.18	11.12	34.35	3.02	C3S1	0.75	Yok	1,20
57159	0	7.53	2410	10.43	0.02	21.04	0	9.95	1.64	19.90	33.12	3.22	C4S1	0.70	Yok	1,00
	0	7.52	2350	9.78	0.02	20.57	0	10.49	1.48	18.40	32.20	3.05	C4S1	0.79	Yok	1,00
	0	7.44	2410	10.21	0.02	21.21	0	10.18	1.44	19.82	32.47	3.14	C4S1	0.85	Yok	1,00
	0	7.51	2410	10.00	0.02	21.21	0	10.12	1.45	19.66	32.02	3.07	C4S1	0.99	Yok	1,00
Köy Hiz	0	7.71	1780	8.69	0.02	12.70	0	10.47	0.96	9.98	40.59	3.45	C3S1	0.43	Yok	0,90
	0	7.65	1765	8.91	0.02	14.00	0	10.13	0.95	11.85	38.88	3.37	C3S1	0.62	Yok	1,00
	0	7.35	1753	8.69	0.02	12.60	0	9.98	0.91	10.42	40.78	3.46	C3S1	0.43	Yok	0,90
	0	7.37	1760	8.91	0.00	13.62	0	9.79	0.94	11.80	39.55	3.41	C3S1	0.47	Yok	1,00
Çavuş Ç.	0	7.98	1360	2.82	0.02	13.09	0	8.53	0.80	6.60	17.70	1.10	C3S1	0.11	Yok	0,90

Not 1) Her kuyuda yapılan ön deneyde, 24 saat süreli sabit debili pompalama deneyinin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere dört adet su örneği alınarak analiz edilmiştir.

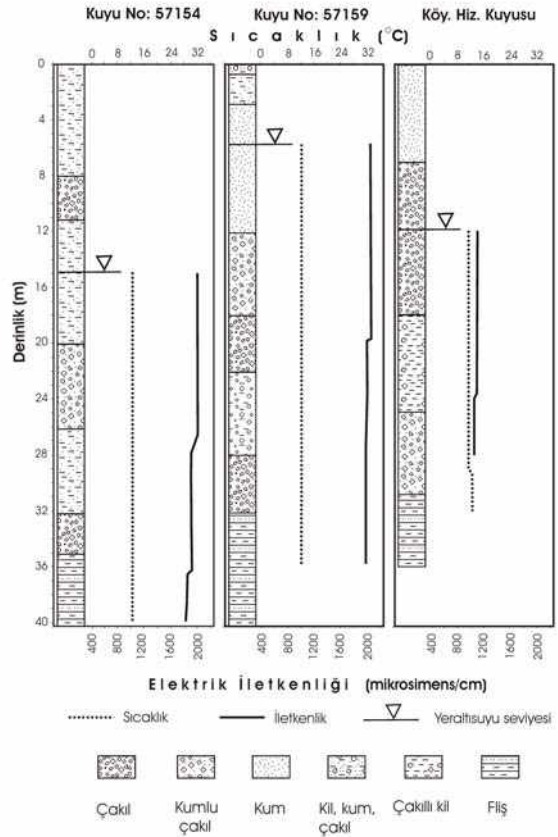
## İletkenlik (Kondüktivite) ve Sıcaklık Logları

Araştırma kapsamında pompalama deneyi yapılan 57154, 57159 ve Köy Hizmetleri kuyusunda derinliğe bağlı olarak sıcaklık ve iletkenlik logu alınmıştır. Sıcaklık ve iletkenlik logu, Robertson Geologging Limited Şirketinin ürettiği Prologger marka log cihazı ile alınmıştır. Bu log cihazı, 2,5 m uzunluğundaki sıcaklık/iletkenlik sondası ile içindeki termistörün ve elektriki iletkenlik sensörünün aldığı sinyallerin mikroişlemcilerin kontrolü ile ana sisteme bağlı olan bilgisayarda işlenmesinden oluşmaktadır. Bilgisayar ekranı ve klavye ana sisteme bağlı olup, cihaz bir araçla taşınabilecek durumdadır.

Alınan sıcaklık-iletkenlik ölçüleri aynı anda cihaz üzerinde nicel olarak okunabildiği gibi, kayıt kağıdı üzerindeki eğriler üzerinde her noktada okunup değerlendirilebilmektedir. Cihaz, 50-50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aralığındaki iletkenlik değerlerini okuyabilmekte olup, doğruluğu  $\pm 2.5\%$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Sıcaklık okuma aralığı ise 0-70  $^{\circ}\text{C}$ , doğruluğu  $\pm 0.5$   $^{\circ}\text{C}$ 'dir. İletkenlik-sıcaklık loglarının incelenmesiyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

57154 no.lu kuyuda sıcaklık kuyu tabanına kadar 12.6  $^{\circ}\text{C}$  ölçülmüştür. İletkenlik 26.5 m'ye kadar 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 26.5-36 m arasında 1900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 36 m'nin altında ise 1800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ölçülmüştür. 57159 no.lu kuyuda sıcaklık kuyu tabanına kadar 12.6  $^{\circ}\text{C}$  ölçülmüştür. Bu kuyuda iletkenlik 20 m'ye kadar 2100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 20 m'den tabana kadar 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ölçülmüştür. Köy Hizmetleri kuyusunda sıcaklık kuyu tabanına kadar 12-12.5  $^{\circ}\text{C}$  ölçülmüştür. İletkenlik 23.5 m'ye kadar 1450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 23.5-28.5 m arasında 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. 28.5 m'den sonraki değişim,

kuyuda dolgu olması nedeniyle önemsenmemiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Litoloji, iletkenlik ve sıcaklık loglarının birleştirilmiş hali

Figure 4. Unified figure of the lithology, conductivity and temperature logs

## VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YORUMLANMASI

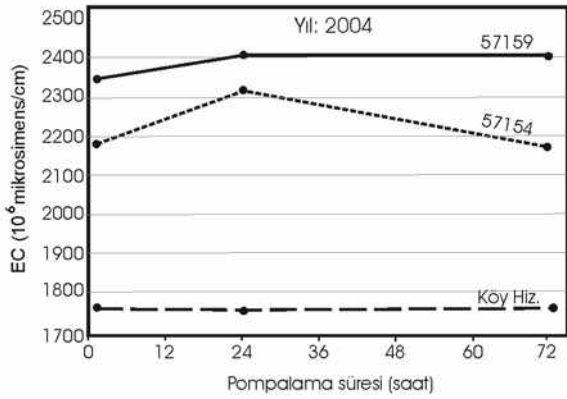
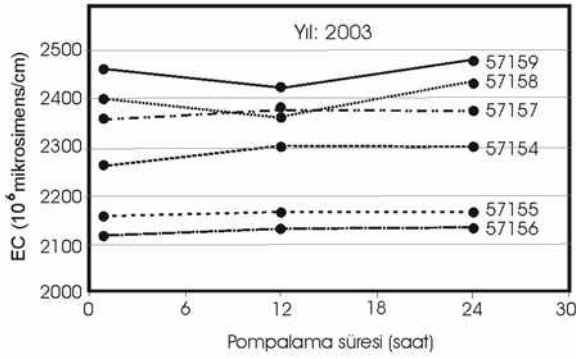
### Tuzluluğun Miktarı, Nedenleri ve Dağılımı

İşletme kuyularından alınan sularda EC değeri 1973-2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasındadır. Sularda tuzluluğu artırıcı hakim katyon  $\text{Ca}+\text{Mg}$ , hakim anyon  $\text{SO}_4$ 'dır. Sulama alanı çevresinde ve hatta havzanın tamamında tuzlanmaya neden olacak evaporitik formasyonlar ile minerali veya termal su vb. tuzluluk kaynakları bulunmamaktadır. Havzanın tamamı ofiyolitik karmaşık, Eosen fliş, Neojen yaşlı gevşek çakıltaşları ve vadiler boyunca uzanan alüvyonlarla kaplıdır. Demirşeyh'den Çavuş köyüne ve oradan da Budaközü alüvyonuna kadar bir şerit halinde uzanan alüvyonun altında Eosen yaşlı kumtaşı-kiltaş-marn birimi yer almaktadır. Bu formasyonun Çankırı-Çorum bölgesinde tuzlu sular içermediği bilinmektedir (DSİ, 1969; Apaydın, 1996). Ancak Çavuşköy akiferinin beslenme havzasının orta-üst bölgesinde Neojen yaşlı gölsel kiltaşları içinde çok az, belli belirsiz tuzlanma emareleri gözlenmiştir, ancak jips kırıntıları veya jips tabakalarının bulunmadığı gözlenmiştir. Beslenme alanında evaporitik formasyonların bulunması halinde Çavuşköy akiferinde yeraltısuyu tuzluluğunun çok daha yüksek değerlerde olması gerekirdi. Çankırı-Çorum bölgesinde yapılan değişik çalışmalarda, evaporitik formasyonlardan drenajla beslenen alüvyon akiferlerde EC değerinin 2500-16000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında olduğu gözlenmiştir (Apaydın, 1996, 2007; Yıldırım, 2004; Çelik ve Yıldırım, 2006). Jipsli evaporitik formasyonlar çalışma alanının akış aşağısında, Budaközü havzasının aşağı bölgesinde yayılım göstermektedir (Sungurlu'dan Delice çayına kadar). Ayrıca, Çavuş çayının EC'si, havzanın jeolojisi ile

uyumlu olacak şekilde, yüksek olmayıp 1360  $\mu\text{S}/\text{cm}$  elde edilmiştir.

Kuyulardan alınan iletkenlik logları incelendiğinde, sıcaklıklarda derinlikle bariz bir değişme olmamakta, elektriksel iletkenliğin derinlikle nispeten azaldığı görülmektedir. Bu durum, alüvyona derinden (Eosen biriminden) tuzlu su girişinin söz konusu olmadığını göstermektedir. Aksi halde, akifer tabanına doğru iletkenlik artışının görülmesi gerekirdi. Eosen biriminin genellikle kiltaş-silttaş-marn litolojisinde olması ve çevrede bu birimden kaynak boşalılarının gözlenmemesi, nedeniyle de pratikte geçirimsiz olarak değerlendirilebileceği anlaşılmaktadır. Etüt alanında sodyumun kaynaklanabileceği potansiyel litoloji flişin kiltaş-marn seviyeleridir. Kuyulardan elde edilen yeraltısularında sodyumun düşük değerlerde olması alüvyon akifere flişten sürpriz bir karışım olmadığını, başka bir ifade ile tuzluluğun fliş formasyonundan kaynaklanmadığını göstermektedir.

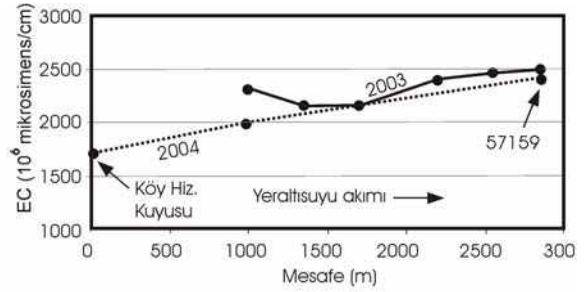
2003 yılına ait analizlerin sonuçlarına göre 57154, 57155, 57156 ve 57157 no.lu kuyularda pompaj süresi ilerledikçe EC değerinin çok az arttığı ve belli bir değerde sabitlendiği görülmektedir. 57158 ve 57159 no.lu kuyularda ise küçük bir dalgalanma söz konusudur. 2004 yılında yapılan deneylerde ise 57154 kuyusunda pompajın ortasında bir miktar artma ve sonunda azalma, 57159 kuyusunda pompajın başında bir miktar artma, sonrasında sabitlenme görülmektedir. Köy Hizmetleri kuyusunda ise, zamana bağlı bir değişim gözlenmemektedir (Şekil 5). Sonuç olarak, sulama alanındaki kuyuların tamamında pompaj süresince EC değişimi ihmal edilecek kadar düşük değerlerde (0-60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



Şekil 5. 2003 ve 2004 yılında alınan yeraltısuyu örneklerinde elektriksel iletkenliğin pompalama süresi ile değişimi

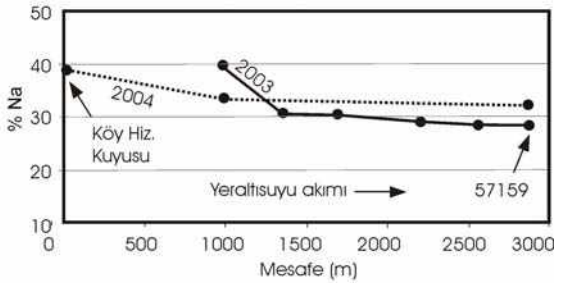
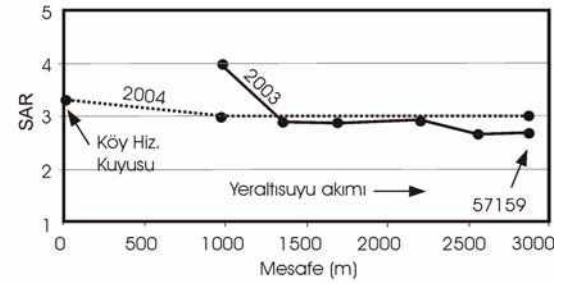
Figure 5. Changes of conductivity against pumping durations in 2003 and 2004

Proje alanından elde edilen jeofizik log ve kimyasal veriler yorumlandığında, tuzluluğun derinlikle ve pompaj süresiyle artmadığı, hatta iletkenlik loguna göre biraz azaldığı anlaşılmaktadır. Tuzluluğun derinlikle azalması, akiferde tuzluluğun daha çok üst zonlarda olduğu yorumunu getirmektedir. Ancak, akışaşağıya doğru, akım yoluna bağlı bir tuzluluk artışı söz konusudur (Şekil 6). Buna karşı, sodyum absorpsiyon oranı (S.A.R) ve % Na değerlerinde akım yolu boyunca düzensizlik ve genel bir azalma eğilimi görülmektedir (Şekil 7). Başka bir ifade ile, sulama alanının akışaşağı bölgesinde



Şekil 6. Yeraltısularında akım yolu boyunca EC'nin artışı

Figure 6. Increase of conductivity according to flow path



Şekil 7. Akım yolu boyunca SAR ve % Na değerlerinin azalışı

Figure 7. Decrease of the SAR and Na% according to flow path

tuzluluğun görece yüksek olduğu kuyular bor ve sodyum yönünden en az sorunlu kuyulardır.

Yağışların yetersiz ve mevsimsel, buharlaşmanın yüksek olduğu kurak-yarıkurak bölgelerde, toprak zonundaki yağış suyunun aşırı

bir şekilde buharlaştığı bilinmektedir. Bu buharlaşma ile özellikle taban suyunun yüksek, drenajın yavaş olduğu bölgelerde toprakta tuz çökmesi olmakta, sonraki yağışlarla toprağın yıkanması ile tuzlu sular derinlere doğru hareket ederek su tablasına ulaşmaktadır (Moran et. al, 1978a). Bu çökme-çözünme süreci sürekli bir şekilde devam etmektedir. Bu nedenle bazı yarıkurak bölgelerde formasyondan kaynaklanan bir tuzluluğun olmaması halinde bile toprakta ve yeraltısularında tuzlanma meydana gelebilmektedir. Öyle ki, Handry vd. (1986)'ne göre, yarıkurak bölgelerde toprak zonundan geçen ve yeraltısuyunu besleyen yağış suyunda SO<sub>4</sub> konsantrasyonu 5000 mg/l'nin üzerine çıkabilmektedir. Proje alanının akışaşağı bölgesinde topografik ve hidrolik eğim azalmakta ve yeraltısuyu tablası yükselmektedir. Bu kesimlerde tuzluluğun artışı; hem akım yolunun uzaması ve drenajın yavaşlamasıyla geçiş süresinin uzaması, hem de toprak zonundan buharlaşma sonucunda çökme-çözünme ile akifere nispeten tuzlu suların girişi ile açıklanabilir. Yeraltısularından alınan örneklerde nitritin bulunmaması ve organik maddenin düşük düzeylerde olması, tuzluluğun gübrelemeden kaynaklanmadığına işaret etmektedir.

### **Yeraltısularının Sulamada Kullanılabilirliği**

Proje alanındaki yeraltısuyu örneklerinin sulama suyu olarak kullanılabilirliğini genel olarak belirlemek amacıyla ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 8). Ayrıca, sular farklı araştırmacılar tarafından önerilen kriterlere göre de sınıflandırılmıştır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarında, 57954, 57955 ve 57956 kuyu suları yüksek tuzlu-düşük sodyumlu (C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>), 57957, 57958 ve 57959 no.lu kuyu suları çok yüksek tuzlu-düşük sodyumlu (C<sub>4</sub>-S<sub>1</sub>) sınıfındadır. Wilcox diyagramında kuyu

suları “iyi-kullanılabilir” “şüpheli-uygun değil” sınıfına girmektedir. Proje alanındaki sular EC, toplam tuz, % Na, Cl ve SO<sub>4</sub> parametrelerine dayanan Scofield (1935)'in sınıflamasına göre tuzluluk ve sülfat yönünden “kullanılabilir” ve “ihtiyatla kullanılmalı”, % Na yönünden “iyi”, Cl yönünden “çok iyi” sınıflarına girmektedir.

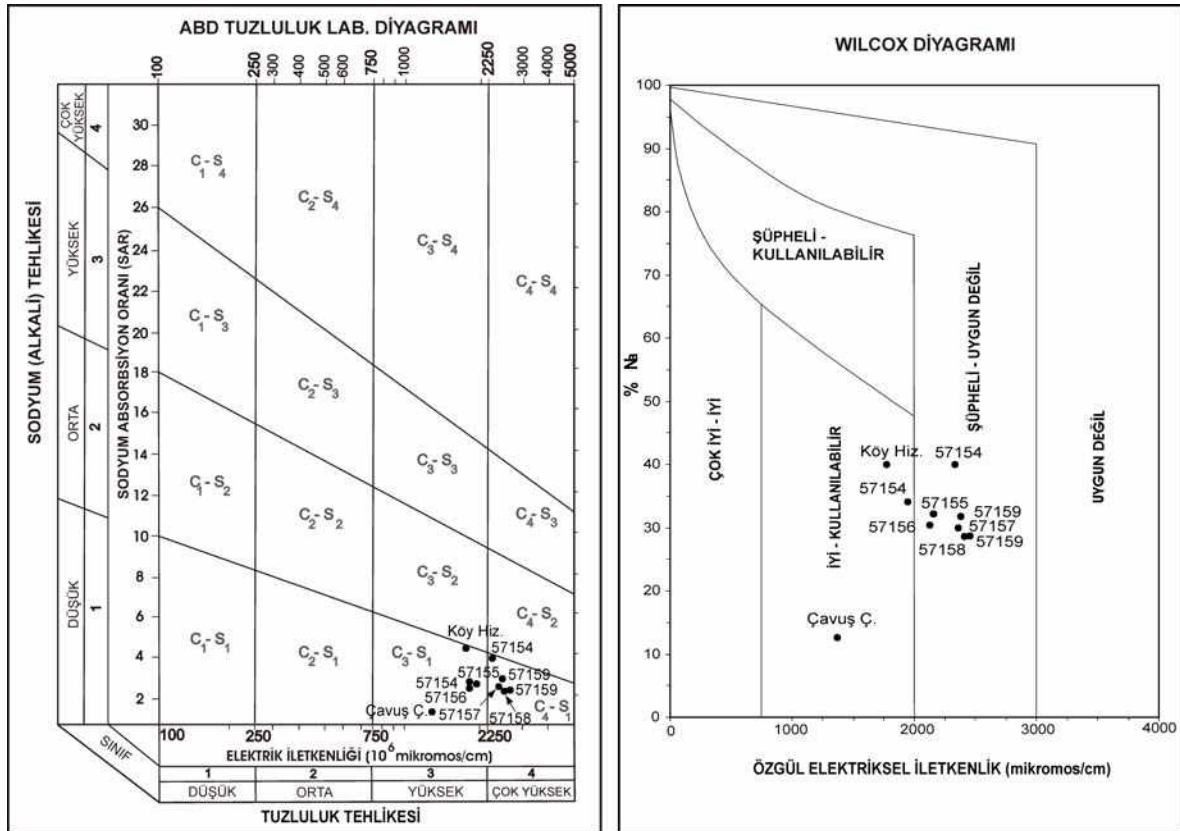
Sulama alanındaki yeraltısuları Doneen (1954) sınıflamasına göre toplam tuzluluk yönünden “Sınıf 2” (iyi-zararlı), bor, % Na ve Cl yönünden ise Sınıf 1 (çok iyi-iyi) sınıfına (Çizelge 5), Christiansen (1977) sınıflamasına göre ise tuzluluk yönünden 4. sınıfa, % Na, Cl ve SAR yönünden 1. sınıfa, bor yönünden de 2. sınıfa girmektedir. Bu sınıflamaya göre, herhangi bir özelliği nedeniyle 4. veya 5. sınıfa düşen bir suyun sulamada başarılı bir şekilde kullanılması toprak özelliklerine, drenaj koşullarına ve yetiştirilen kültür bitkisine bağlı olarak değişecektir (Şener, 1983).

Sulama suları için geliştirilen ABD tuzluluk ve Wilcox diyagramları ve yukarıdaki sınıflamalar, dünyaca kabul görmüş olan ve yaygın bir şekilde kullanılan genel sınıflamalardır. Önemli olan, yerel koşulların göz önüne alınarak verilen nitelikteki suyun o bölgeye uygunluğunun saptanmasıdır (Şener, 1983). Toprak, bitki, sulama şekli, yağış durumu vb. konularda ifade edilen koşulların uygun olması halinde belirli bir tuzluluk sınırına kadar kontrollü sulama yapılması mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, geliştirilmiş olan sınıflamalar yalnız bir ön bilgi niteliğinde olup, yerel koşullar göz önüne alınarak kullanılmalıdır. Ayrıca, Çavuş Sulama Kooperatifi alanında olduğu gibi, sulama için önemli olan sodyum ve bor'un sorun yaratacak düzeyde olmaması ve artık sodyum karbonatın (R.S.C) bulunmaması

(Çavuş Sulama Kooperatifi alanında yeraltılarında sodyum oranı % 40'dan az, bor miktarı 1.1 ppm değerinin altında, R.S.C ise sıfırdır), tuzluluk sorununu hafiflettiği ve çözümü kolaylaştırdığı bilinmektedir (Yurtsever ve Sönmez, 1992).

Sulamada tuzluluk sorununda toprağın kimyasal, fiziksel, biyolojik özellikleri, arazinin topografik yapısı, sulama suyunun kimyasal bileşimi, sulama şekli, yetiştirilen ürünlerin tuza dayanımı konuları birlikte ele alınmaktadır (Özgül, 1974). Sulama sularında tuzluluk bir miktar yüksek olsa da diğer koşulların uygun olması halinde tuza

dayanıklı bitkiler seçilerek kontrollü sulama yapılması mümkün olmaktadır. Çavuş Sulama Kooperatifi alanında mevcut halde ekimi yapılan şekerpancarı, ayçiçeği, soğan, ıspanak, marul, fasulye, domates, kavun-karpuz gibi ürünlerin tuza dayanımı literatür verilerine göre bu alandaki yeraltılarının içerdiği miktarların fazlasıyla üzerindedir (Çizelge 4, 5, 6). İşetme kuyularının verimleri dikkate alındığında, mevcut meteorolojik-hidrolojik-hidrojeolojik koşullarda yağmurlama ve damlama sulama yapıldığında proje sahasının tamamının (220 ha) sulanması mümkün görülmektedir.



Şekil 8. Su örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox Diyagramı

Figure 8. USA Salinity and Wilcox diagrams of the water samples



**Çizelge 4.** Bazı sebzelerin tuza nisbi dayanım dereceleri (Şener, 1983)

**Table 4.** Salinity resistance of some vegetables (Şener, 1983)

Dayanıklı	Orta Dayanıklı	Duyarlı
ECX10 <sup>6</sup> =12000 µS/cm	ECX10 <sup>6</sup> =10000 µS/cm Domates	ECX10 <sup>6</sup> =4000 µS/cm Fasulye
Ispanak	Biber Marul	
	Patates Soğan Kabak	
ECX10 <sup>6</sup> =10000 µS/cm	ECX10 <sup>6</sup> =4000 µS/cm	ECX10 <sup>6</sup> =3000 µS/cm

**Çizelge 5.** Bazı yem bitkilerinin tuza nisbi dayanım dereceleri (Şener, 1983)

**Table 5.** Salinity resistance of some food crops (Şener, 1983)

Dayanıklı	Orta Dayanıklı	Duyarlı
ECcx10 <sup>6</sup> =18000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> =12000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> =400 0 µS/cm
	Yonca	Ak üçgül
Arpa (Saman)	Buğday Yulaf	Tilki kuyruğu
ECx10 <sup>6</sup> =12000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> =4000 µS/cm	

**Çizelge 6.** Bazı tarla bitkilerinin tuza nisbi dayanım dereceleri (Şener, 1983)

**Table 6.** Salinity resistance of some garden crops (Şener, 1983)

Dayanıklı	Orta Dayanıklı	Duyarlı
ECx10 <sup>6</sup> =16000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> =10000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> =4000 µS/cm
Arpa (Danesi için)	Çavdar (Dane) Buğday (Dane) Yulaf (Dane) Mısır	Fasulye
Şeker pancarı	Ayçiçeği	
ECx10 <sup>6</sup> =10000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> =6000 µS/cm	ECx10 <sup>6</sup> = 2000 µS/cm

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sulama alanında ortalama topografik eğim % 2, yamaç arazilerde ise % 5 civarındadır. Bu durum, yüzeysel drenaj için olumlu bir özelliktir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan SAT raporunda (Bağatır, 2001), sulama alanındaki topraklar I. ve II. sınıfa girmektedir. Sulama alanının büyük bir bölümünü oluşturan alüvyal topraklar I. sınıfa girmekte olup, pH bakımından “hafif kalevi”, tuzluluk bakımından ‘tuzsuz’ sınıfındadır. Kireç ve organik madde bakımından zengin olan bu topraklarda kültür bitkilerinin gelişmesine zarar verecek tuzluluk ve alkalilik problemi yoktur. Araziye drenaj sorunu ve her iki sınıf toprakta da sulamayı engelleyecek bir sorun bulunmamaktadır.

Proje alanında ve yağış havzasında yoğun bir şekilde tuzluluk yaratacak sülfatlı-klorürlü (kaya tuzu, jips vb.) jeolojik formasyonlar bulunmamaktadır. Ancak sahanın özellikle mansabındaki kuyularda çok yüksek olmasa da tuzluluk vardır. Kuyulardan 2003 ve 2004 yıllarında alınan su örneklerinin tamamı dikkate alındığında, EC değerinin 1973-2480 µS/cm arasında olduğu görülmektedir. 2003 yılındaki örnekleme göre 57155 ve 57156 kuyunun suları C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sınıfında, diğer kuyular C<sub>4</sub>S<sub>1</sub> sınıfındadır. Ancak 2004 yılında yapılan örneklemede 57154 no.lu kuyunun suyu C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sınıfına girmektedir. 57159 no.lu kuyu suyunun kalitesinde az miktarda düzelme olsa da sulama suyu sınıfında bir değişiklik olmamıştır. Bilindiği gibi C<sub>4</sub> sınıfı, EC>2250 µS/cm olan suları içine almaktadır. Çavuş sulama kooperatifi alanındaki işletme kuyularından 57157, 57158 ve 57159 no.lu kuyuların suları her ne kadar bu sınıfa girse de, bu suların maksimum EC

değerinin en fazla 2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olması, yani alt sınıra yakın olması olumlu bir durumdur. Ayrıca da, kooperatif alanındaki yeraltısularında sodyum tehlikesi, bor ve artık sodyum karbonat sorunu bulunmamaktadır.

Proje alanında ekimi yapılan şekerpancarı, ayçiçeği, soğan, ıspanak, marul, fasulye, domates, kavun-karpuz gibi ürünlerin tuza dayanımı literatür verilerine göre kuyulardan elde edilen yeraltısularının içerdiği miktarların üzerindedir. Sonuç olarak, proje alanında tuzluluğun çok yüksek boyutlarda olmaması, zirai raporlara göre topraklarda ciddi bir tuzluluk ve drenaj sorunu bulunmaması ve ayrıca bölgede yetiştirilen ürünlerin tuza dayanımlarının literatür bilgilerine göre sahadaki yeraltısularında tespit edilen değerlerin üzerinde olması nedeniyle, proje sahasında yeraltısuyundan sulama yapılması mevcut koşullarda sakıncalı görülmemektedir. Ancak, sulamanın tuza dayanıklı bitkilerin seçimi ve kontrollü bir şekilde tarım uzmanlarının denetiminde yapılması önerilmiştir.

### **EXTENDED SUMMARY**

*Çavuşköy is located in the east of the Sungurlu district of Çorum province. High salinity values (Electrical conductivity, EC= 2150-2480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) were encountered in groundwaters abstracted from DSI (State Hydraulic Works) irrigation wells in the Çavuşköy aquifer. For this reason, the origin, extent, and risk of salinization and the usability of the groundwaters for irrigation were investigated. By interpreting the results of chemical analyses of water samples taken in 2003 and 2004, and of electrical conductivity logs and temperature logs, the aquifer's aerial and vertical dimensions, the risk of salinization*

*and the usability of the groundwaters for irrigation were determined.*

*The area studied comprises the DSI's groundwater irrigation project area. The aquifer studied is an unconfined alluvium which is recharged from precipitation and a stream. The aquifer's thicknesses range between 24 m and 35 m, and well yields vary between 6 l/s and 20 l/s. The alluvium extends along the Çavuş creek with an 85 km<sup>2</sup> drainage area and consists of clay, sand and gravels. The aquifer has a surface area of 4 km<sup>2</sup>. It is narrow (50-150 m) upstream while it widens to 1000 m in the project area. Although the grain size distribution of the alluvium is quite heterogenous, both in vertical and horizontal directions, the alluvium is productive.*

*The Eocene-aged flysch unit (Yoncalı formation) underlies the aquifer and is made up of mudstone, marl and sandstone. The formation crops out on both sides of the N-S running aquifer. The formation is thin-to-medium bedded, and locally folded. According to earlier studies and our observations, the Yoncalı formation is an impermeable to low permeable unit. The DSI drilling wells proved that the Yoncalı formation beneath the aquifer comprises mudstone layers. Groundwater levels range from 0.5 m to 11 m beneath the ground, and the groundwater flow generally occurs from north to south.*

*After the first phase of the hydrogeological investigations in 1996 and the DSI feasibility analysis in 2000, production wells were drilled in 2002 to irrigate an area of 220 ha. The wells have a depth of 40 m, a 10<sup>3/4</sup> inches casing diameter, and a 6-20 l/s yield. Water samples were taken at the beginning, middle and end of the pumping test, and chemical analyses*

were done by the DSİ 's Water and Soil Laboratory.

Because the electrical conductivity values of the water samples which were abstracted from the wells for the first time were moderately high ( $EC=2120-2480$  microS/cm), additional samplings were undertaken in order to investigate the salinity and quality of the groundwater. In these studies, a new pumping test (72 hours) and sampling strategy were set up in two irrigation wells and in the Çavuşköy drinking well. In addition to these studies, conductivity and temperature logs were taken at the same wells.

According to the conductivity and temperature logs and all chemical data, groundwater salinity increases with neither depth nor pumping duration; on the contrary, it decreases in accordance with the conductivity logs. Besides, there is considerable increase in the groundwater salinity from upstream to downstream in the project area. In contrast, there is either an irregularity or a decrease in SAR and Na rates in the same direction. Consequently, groundwaters in the downstream part of the project area have moderately high salinity, but there are no boron or alkalinity problems in the project area.

Usability for irrigation of the groundwaters in the project area is interpreted according to the classifications given in the literature. According to the USA Salinity Laboratory Classification, the wells numbered 57954, 57955 and 57956 have high salinity and low sodium values ( $C_3-S_1$ ), and the waters abstracted from wells 57957, 57958 and 57959 have very high salinity ( $C_4-S_1$ ). Groundwater

samples are plotted as "good-usable" or "suspicious-unusable" areas in the Wilcox diagram, and as "usable" or "usable with caution" areas according to the Scofield (1935) classification.

As a result, according to the interpretations of all the data, the groundwater salinity in the lower part of the area studied is moderately high, but sodium, boron and residual sodium carbonate contents remained acceptable in the whole project area. In addition to this, no drainage problem exists in the soil zones of the investigated area, and the tolerance to the water salinity of the crop types used is fairly high. Consequently, it is concluded that groundwater irrigation can be allowed if salt resistant crops are selected and if the irrigation is applied under the control of experts.

## KATKI BELİRTME

Yazar, bu araştırmaya sağlanan destek nedeniyle DSİ Genel Müdürlüğüne, iletkenlik logu alımında ve yorumlamada katkıları nedeniyle Suat Oruç ve Erol Boz'a (DSİ Genel Müdürlüğü) teşekkür eder.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

- Apaydın, A., 1996. Derinçay havzasının (Çorum) hidrojeolojik etüt raporu. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, 80 s (yayınlanmamış).
- Apaydın, A., 2005. Çorum-Sungurlu-Çavuş sulama kooperatifi sahasındaki yeraltısularında tuzluluk sorunu. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, 25 s (yayınlanmamış).
- Apaydın, A., 2007. Tatlıçay Havzası (Çankırı) hidrojeolojik etüt raporu. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, 106 s (yayınlanmamış).
- Bağatır, V., 2001. Çorum-Sungurlu-Çavuş arazisinin detaylı sat raporu. Köy Hiz. 12. Bölge Müdürlüğü (yayınlanmamış).
- Birgili, Ş., Yoldaş, R., Ünalın, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA derleme rapor No: 2349, 98 s (yayınlanmamış).
- Christiansen, J.E., 1977. Irrigation water quality evaluation, Journal of the irrigation and drainage division. ASCE, Vol. 103, s. 155-169.
- Çelik, M., Yıldırım, T., 2006. Hydrochemical evaluation of groundwater quality in the Çavuşçayı Basin, Sungurlu-Çorum, Turkey. Environmental Geology, 50, 323-330.
- Doneen, L.D., 1954. Salinization of soil by salt in the irrigation water. Trans. Amer. Geophysical Union Vol. 35, USA.
- DSİ, 1969. Çorum-Mecitözü-Samsun asfaltı arasındaki sahanın hidrojeolojik etüt raporu.
- DSİ V. Bölge Müdürlüğü, 25 s (yayınlanmamış).
- DSİ, 2001. Çorum-Sungurlu-Çavuş köyü sulama kooperatifi sahasının yeraltısuyundan sulanmasına ait fizibilite raporu. DSİ V. Bölge Müdürlüğü, 10 s (yayınlanmamış).
- Handry, M.J., Cherry, J.A., and Wallick, E.I, 1986. Origin and distribution of sulfate in a fractured till Southern Alberta, Canada. Water Resources Res., v.22, no.1, 45-61.
- Moran, S.R., Groenwold, G.H. and Cherry, J.A., 1978a. Geologic, hydrologic and geochemical concepts and techniques in overburden characterization for Mined-land Reclamation. North Dakota Geological Survey, Report of Investigation 61, 263 p.
- Özgül, Ş., 1974. Tuzluluk ve Sodiklik. Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber No: 04.02-02, yayın no: 2, 81 s.
- Scofield, 1935. The Salinity of irrigation water. Smitsonian Institute Annual Report. USA.
- Şener, S., 1983. Sulama suyunun özellikleri ve sınıflandırılması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, BölgeTopraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel yayın no:103, Teknik yayın no: 12, 66 s.
- Yıldırım, T., 2004. Çavuşçayı havzasının (Sungurlu) hidrojeoloji incelemesi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 101 s.
- Yurtsever, E. ve Sönmez, B., 1992. Sulama sularının değerlendirilmesi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel yayın no:181, Teknik yayın no: T-63, 62 s.

---

Makale Geliş Tarihi	: 18 Ocak 2008
Kabul Tarihi	: 02 Eylül 2008
<i>Received</i>	: <i>January 18, 2008</i>
<i>Accepted</i>	: <i>September 02, 2008</i>



## Gümüşhane Bölgesindeki Eosen Kumtaşlarının Sedimanter Petrografisi ve Levha Tektoniği Ölçekli Provenansına Bir Yaklaşım

*Sedimenter Petrographic Properties of Eocene Sandstones and an Approach to Provenance According to Plate Tectonics in the Gümüşhane Region*

**Çiğdem SAYDAM EKER**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000  
GÜMÜŞHANE  
(csaydam@ktu.edu.tr)*

### ÖZ

Bu çalışmada, Gümüşhane bölgesinde yer alan biri volkaniklastik diğeri de silisiklastik karakterli Eosen yaşlı iki kumtaşı baskın istifin sedimanter petrografik özelliklerinin karşılaştırılması ve mineralojik bileşimlerinden yola çıkarak levha tektoniği yerleşimlerinin tahmini amaçlanmıştır.

Volkaniklastik özellikteki istifin Eski Gümüşhane yöresinde ölçülen kalınlığı 195 m., silisiklastik istifin Ünlüpınar (Kelkit) civarında ölçülen kalınlığı ise 280 m. dir. Volkanoklastik istif gri renkli, orta, kalın tabakalı kireçtaşı; gri, kahve renkli, ince – kalın tabakalı kumtaşı; gri, yeşil, kahve renkli marn – kıltaşı ve tüf aradalanmasından ibarettir. Silisiklastik istif ise gri, sarımsı kahve renkli marn ve daha az olarak açık gri renkli ince, orta tabakalı kireçtaşı, çakıltaşı ve tüf aradalanmasından oluşmaktadır.

Eski Gümüşhane kesitinin kumtaşları orta taneli, iyi, orta derecede boylanmalı ve tanelerin dağılımı simetriğe yakın – ince taneye yamuktur. Ünlüpınar kesitine ait kumtaşları orta, ince taneli, çok iyi – kötü derecede boylanmalı ve taneler, kaba taneye yamuk – ince taneye yamuktur.

Eski Gümüşhane kesiti kumtaşlarının bileşenleri kuvars (monokristalin kuvars, polikristalin kuvars), feldispat (alkali feldispat, plajyoklaz), kayaç parçası (volkanik kayaç parçası), tali mineral (olivin, epidot, biyotit, klorit), opak mineral, matriks ve çimentodan ibarettir. Bileşenlerin kayaç içindeki oranlarına göre: Volkanoklastik istife ait kumtaşları, arkoz ve litik arkoz olarak sınıflandırılmıştır. Ünlüpınar kesitine ait kumtaşların bileşenleri ise başlıca kuvars (monokristalin kuvars, polikristalin kuvars), feldispat (alkali feldispat, plajyoklaz), kayaç parçası (volkanik kayaç parçası, sedimanter kayaç parçası), opak mineral ve çimentodur. Bileşenlerin kayaç içindeki oranlarına göre: Silisiklastik istifin kumtaşları, litarenit olarak adlandırılmıştır.

Her iki istife ait kumtaşları, hem dokusal olarak hem de mineralojik olarak olgunlaşmamıştır.

Volkanoklastik ve silisiklastik istifin kumtaşları magmatik yay, yeniden işlenen orojen bölgesi ve buna bağlı olarak da yay gerisi bindirme kuşağından türemiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gümüşhane, volkanoklastik, silisiklastik, kumtaşı petroğrafisi, provenans

## ABSTRACT

*This study aims at determining the sedimentological and sedimentary petrographic features of, and the correlation between, Eocene aged volcanoclastic and siliciclastic characterized sandstones in the Gümüşhane region.*

*The thickness of the volcanoclastic sequence is 195 m. around Eski Gümüşhane and the thickness of the siliciclastic sequence is 280 m. around Ünlüpinar (Kelkit). The volcanoclastic sequence is a composite of grey colored and medium, thick bedded limestone, grey, brown colored and thin, medium, thick bedded sandstone, green, grey, brown colored and thin, medium bedded marl-claystone and tuff. The siliciclastic sequence is a composite of grey, yellowish brown colored and thin to thick bedded sandstone, and green, greenish grey, brown colored and thin, medium bedded marl. There is frequently observed locally interbedded light grey, thin, medium bedded limestone, conglomerate and tuff.*

*Sandstones of the Eski Gümüşhane sequence are median grained, well to moderately sorted and near symmetrical to fine skewed. Sandstones of the Ünlüpinar sequence are medium to fine grained, very well sorted to poorly sorted and coarse skewed to fine skewed.*

*The composite of the Eski Gümüşhane sequence's sandstones comprises Quartzes (monocrystalline and polycrystalline quartzs), feldspars (alkali feldspars and plagioclases), lithic fragments (volcanic rock fragments), accessory minerals (olivine, epidote, biotite, chlorite), opaque minerals, matrices and cements. According to the mineral ratios in the rock, sandstones belonging to the volcanoclastic sequence are identified as arkose and lithic arkose.*

*The composite of the Ünlüpinar sequence's sandstones mainly comprises Quartzes (monocrystalline and polycrystalline quartzs), feldspars (alkali feldspars and plagioclases), lithic fragments, sedimentary rock fragments, (volcanic rock fragments), opaque minerals and cements. According to the mineral ratios in the rock, sandstones belonging to the siliciclastic sequence are identified as litharenite.*

*Both of the sequences are either compositionally immature or texturally immature.*

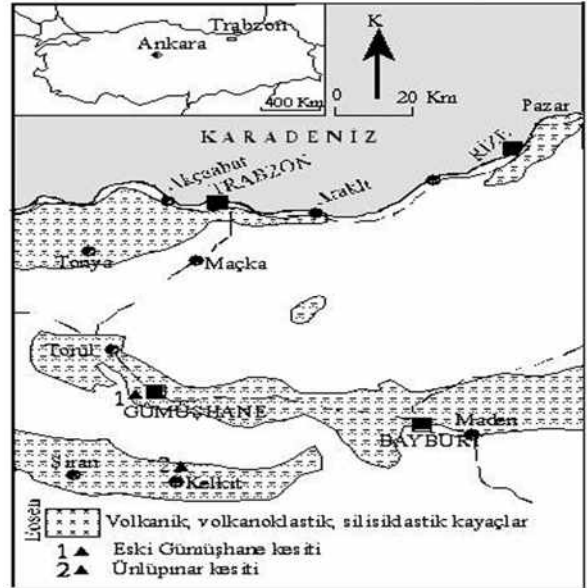
*The main provenances of the volcanoclastic and siliciclastic sandstones are generally magmatic arc, recycled orogen region and back arc subduction complex.*

**Key Words:** Gümüşhane, volcanoclastic, siliciclastic, sandstone petrography, provenance

## GİRİŞ

Gümüşhane bölgesinde temel kayaların Paleozoik yaşlı Pulur Metamorfidi (Ketin, 1951) ve bunu kesen Geç Paleozoik yaşlı Gümüşhane Granitoidi (Yılmaz, 1972) oluşturur. Temel üzerine uyumsuz olarak Liyas yaşlı volkanik – silisiklastik özellikli Şenköy Formasyonu gelir (Yılmaz ve diğ., 2006). İstif yukarıya doğru Malm – Erken Kratese yaşlı, genellikle kalın tabakalı ve masif yapıları karbonatlardan oluşan Berdiga Formasyonuna geçer (Pelin, 1977). Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu (Tokel, 1972) alttan üste doğru sarı renkli kumlu kireçtaşı, kırmızı renkli mikritik kireçtaşı, türbiditik çökel olmak üzere üç üyeden oluşur ve alttaki birimleri uyumlu olarak örter. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu bölgede geniş alanlarda yayılım gösterir ve alttaki birimleri uyumsuzluk ile üstler (Tokel, 1972). Söz konusu formasyon volkanik – silisiklastik kayalardan meydana gelmiştir.

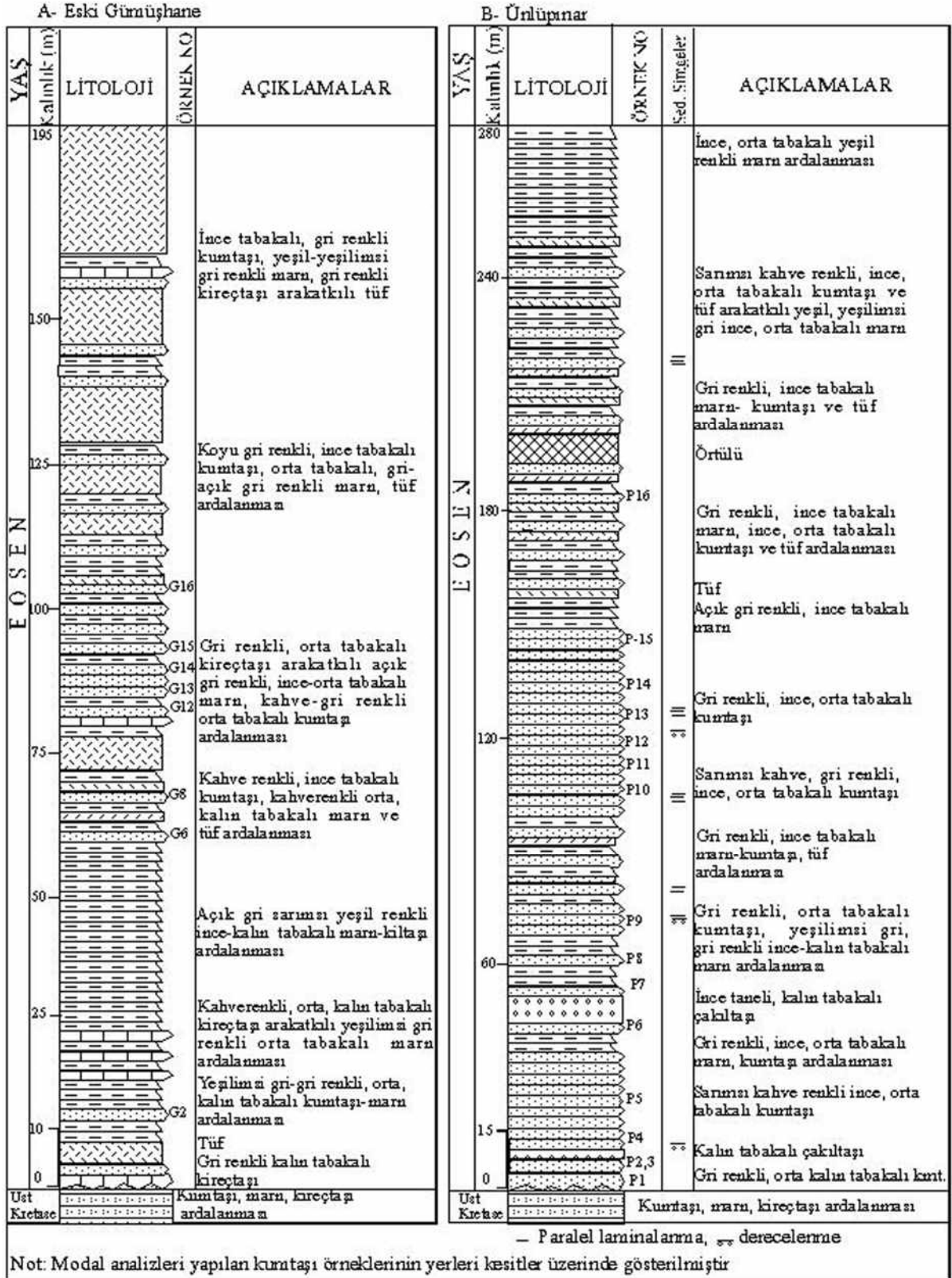
Yöredeki Eosen yaşlı kayalar pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır; Yılmaz (1972), Çınar ve diğ. (1985) volkanoklastik istifin yaşını Eosen olarak saptamışlardır. Tokel (1972), Gümüşhane yöresinin H43-a1 paftasını içeren bölümünün 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak istifi Alibaba Formasyonu olarak tanımlamıştır. Açar (1977), Kelkit-Köse yörelerinde istifin nummunit içeren kumtaşlarından oluştuğuna değinmiştir. Eren (1983), Gümüşhane – Kale yöresinde yaptığı çalışmada Alibaba Formasyonunu yaşlıdan gence doğru; taban konglomera üyesi, tortul – volkanik üye, andezit üyesi, yastık lav üyesi olmak üzere dört üyeye ayırmıştır. Güner ve diğ. (1985), Eski Gümüşhane yöresinde Eosen



Şekil 1. Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen yaşlı volkanik, volkanoklastik ve silisiklastik kayaların dağılımı (Güven ve diğ., 1993'den sadeleştirilerek) ve ölçülü stratigrafik kesitlerin konumu

Figure 1. Distribution of Eocene aged volcanic, volcanoclastic and siliciclastic rocks in the East Karadeniz Region (from Güven et al., 1993) and location of measured stratigraphic sections

yaşlı volkaniklastik istifin kalınlığını yaklaşık 200 m, Güner ve diğ. (1986), Kelkit-Şiran yörelerinde Eosen türbiditlerinin yaklaşık 600 m kalınlık sunduğunu vurgulamıştır. Keskin ve diğ. (1989) yaptığı çalışmada Eosen yaşlı kayaların Gümüşhane yöresinde andezit - bazalt ve piroklastlarından oluştuğunu, Kop ve Maden (Bayburt) yöresinde ise konglomeralarla başlayan, yukarıya doğru kumtaşı ve marn aralanmasından oluşan türbidit istiftin ibaret olduğunu belirtmiştir. Yılmaz (1992) Kelkit yöresinde yaptığı çalışmada, Eosen havzasının doğu -batı uzanımlı oluk geometrilik bir çökelme ortamı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Saydam ve Korkmaz (1996) Maden (Bayburt) yöresinde yaptıkları çalışmada türbidit istife ait kumtaşlarının litik vake olduğuna dikkat çekmişlerdir.



Şekil 2. Eosen yaşlı volkanoklastik (A- Eski Gümüşhane) ve silisiklastik (B- Ünlüpnar) istiflerin ölçülü stratigrafik kesitleri

Figure 2. Measured stratigraphic sections of Eocene aged volcanoclastic (A- Eski Gümüşhane) and siliciclastic (B- Ünlüpnar) sequences



## MATERYAL VE YÖNTEM

Gümüşhane civarındaki Eski Gümüşhane'den ve Ünlüpınar (Kelkit)'den 2 adet stratigrafik kesit ölçülmüş ve petrografik tayinler için 68 adet kumtaşı örneği alınmıştır. Örneklerin petrografik özellikleri tayin edildikten sonra, uygun tane boyuna sahip Eski Gümüşhane kesitinden 8, Ünlüpınar kesitinden 14 adet örneğin (toplam 22 adet) Gazi-Dickinson yöntemi kullanılarak (Stunner and Basu, 1985) modal analizleri yapılmıştır. Bu yöntemle göre, ince kesitte görülen büyük bir kayaç parçacığının içermiş olduğu minerallerin boyutu 0.0625 mm den büyük ise o mineral, tane veya kristal olarak sayılmaktadır. Çünkü Wentworth tane boyutu sınıflamasına göre, kumtaşlarının tane boyu dağılımı 0.0625 mm – 2 mm arasındadır. Ölçüm sırasında ortaya çıkan sayma hatasını hesaplamak için  $s = \sqrt{V_i(100-V_i)/n}$  (s: sayma hatası,  $V_i$ : kesitteki herhangi bir bileşenin % sayısı, n: nokta ağındaki toplam nokta sayısı) formülü kullanılmıştır (Erkan, 2001). Bu çalışmada  $n=1000$ 'dir ve sayma hatasının % 95.4 oranında güvenilirliği belirlenmiştir. Dokusal özellikleri belirlemek için ise oküler mikrometre ile tanenin en uzun eksenini dikkate alınarak tane boyu ölçülmüştür. Grafik çizimlerinde herhangi bir karışıklığa yol açmamak için milimetre cinsinden tane boyu Krumbein tarafından önerilen  $\phi$  ölçeğine ( $\phi = -\log_2 d$ ) (Tucker, 1991) çevrilmiştir ( $d = \text{mm}$  cinsinden tane çapı). Her bir örneğin ayrı ayrı kümülatif % frekans eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerden faydalanarak örneklerin 5., 16., 25., 50., 75., 84. ve 95. yüzdelere karşılık gelen  $\phi$  değerleri belirlenmiştir (Çizelge 1). Daha sonra bu değerler Folk (1974) formüllerine

uygulanarak, tane boyu ortalaması ( $M_z$ ), grafik standart sapma ( $\sigma_1$ ), grafik yamukluk ( $Sk$ ) gibi

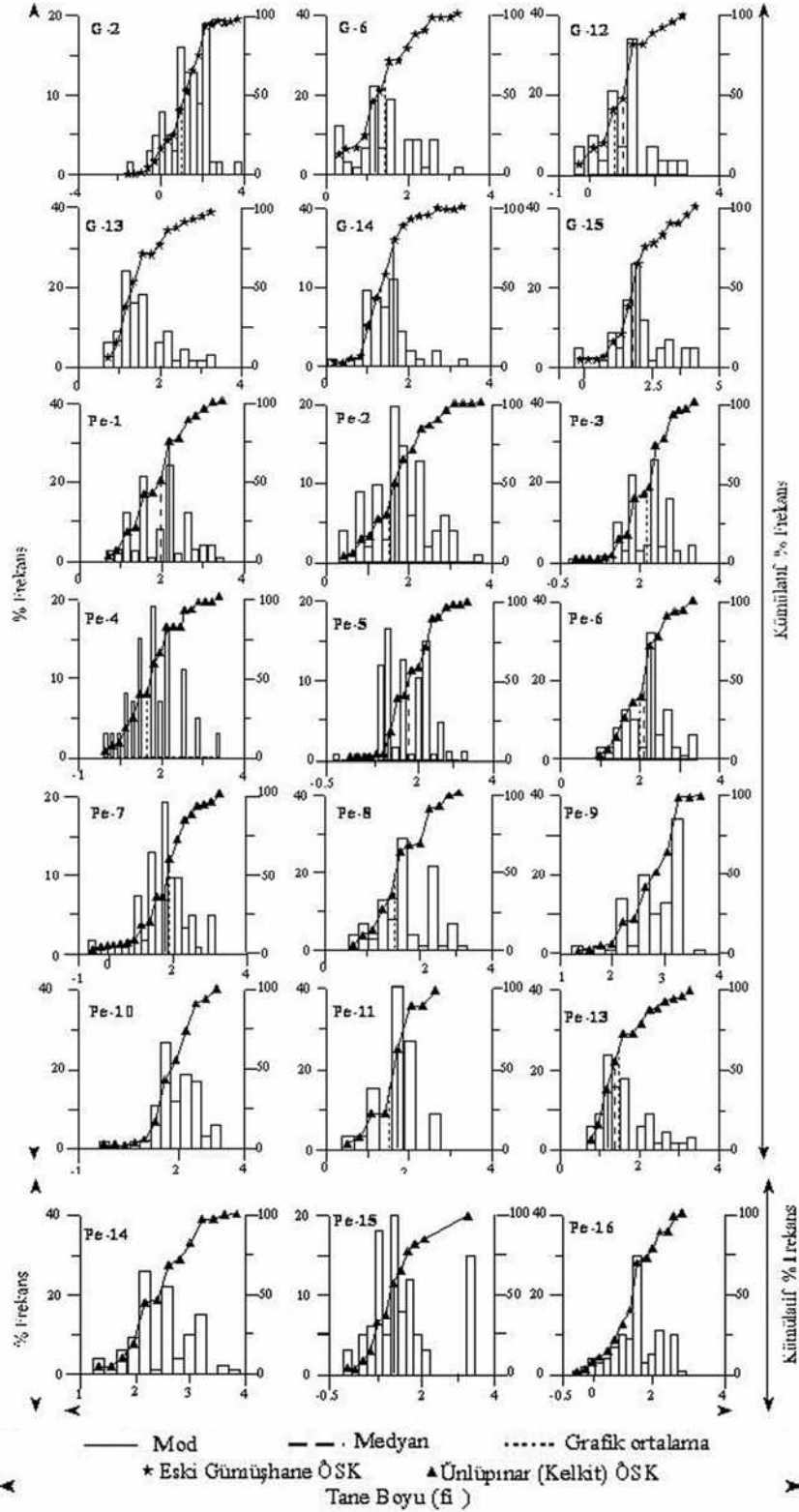
tane boyu parametreleri hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bunun dışında her bir örneğin ayrı ayrı tane boyu ve % frekans değerleri kullanılarak histogramları çizilmiş ve medyan ve mod değerleri bulunmuştur (Şekil 3). Ayrıca kumtaşlarını oluşturan her bir bileşenin tane boyu değişimine bağlı olarak yüzde oranlarını görmek için Suthern (2004) tarafından geliştirilen diyagram kullanılmıştır (Şekil 4).

## LİTOLOJİK VE SEDİMANTOLOJİK ÖZELLİKLER

Eosen yaşlı volkanoklastik istif Eski Gümüşhane yöresinde türbidit özellikteki Üst Kretase birimleri üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Eski Gümüşhane Ölçülü Stratigrafik Kesiti Eski Gümüşhane yöresindeki Venk Yaylası civarından alınmıştır (Pafta, Trabzon H42-b2, kesitin başlangıç noktaları  $X=4479100$ ,  $Y=535600$ , bitiş noktaları  $X=4479400$ ,  $Y=535750$ ). Kireçtaşı, kumtaşı, marn, tuf araldanmasından oluşan bu istifin kalınlığı 195 m. olarak ölçülmüştür.

Arazi gözlemlerinden elde edilen verilere göre; istif tabanda gri renkli kalın tabakalı kireçtaşı ile başlayıp, yukarıya doğru ince - kalın tabakalı, koyu gri, kahve renkli kumtaşı, ince - kalın tabakalı gri, yeşil, sarımsı kahve renkli marn - kıltaşı, kireçtaşı ve tuf araldanması ile devam ederek son bulmaktadır.

Ünlüpınar (Kelkit) yöresinde ise Eosen yaşlı kırıntılı kayaçlar silisiklastik türbiditlerden oluşur. İstif bu yörede Geç Kretase yaşlı, yine türbidit karakterli kayaçlar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Ünlüpınar Ölçülü Stratigrafik kesiti Kelkit ilçesinin kuzeyinde yer alan Ünlüpınar civarından alınmıştır (Pafta, Trabzon



Şekil 3. Volkanoklastik ve silisiklastik istife ait kumtaşlarının kümülatif % frekans eğrileri ve histogramları

Figure 3. Cumulative percent curves and histograms of the volcanoclastic and siliciclastic sequences' sandstones

H42-c2, kesitin başlangıç noktaları X=4448125, Y=537350, bitiş noktaları X=4444775, Y=538950). Birimin bu yöredeki kalınlığı 280 m. olarak ölçülmüştür (Şekil 2).

Arazi gözlemlerine göre; Birim yörede gri renkli, iri taneli, orta tabakalı kumtaşı ile başlamaktadır ve 9. metreye kadar özellikler aynı şekilde devam etmektedir. 9. metrede yaklaşık 2 m. kalınlıkta, değişik litolojide ve 1-5 cm çapında, iyi yuvarlaklaşmış ve bağlayıcısı genellikle karbonat olan çakıltası tabakası mevcuttur. Söz konusu kayacın yanal yönde devamlılığı yoktur ve muhtemelen kanal dolgusudur. Bunun üzerine çok ince – orta tabakalı sarımsı kahve renkli kumtaşı gelmektedir. Yukarıya doğru ince -kalın tabakalı, açık gri, kahve renkli kumtaşı ve ince, orta tabakalı, yeşil, yeşilimsi gri, sarımsı kahve renkli marn ardalanması ile istif son bulmaktadır. Ardalanmaya yer yer açık gri renkli ince, orta tabakalı kireçtaşı ve tüfte eşlik etmektedir. İstifte tortul yapı olarak yer yer derecelenmeye ve paralel laminalanmaya rastlanmıştır.

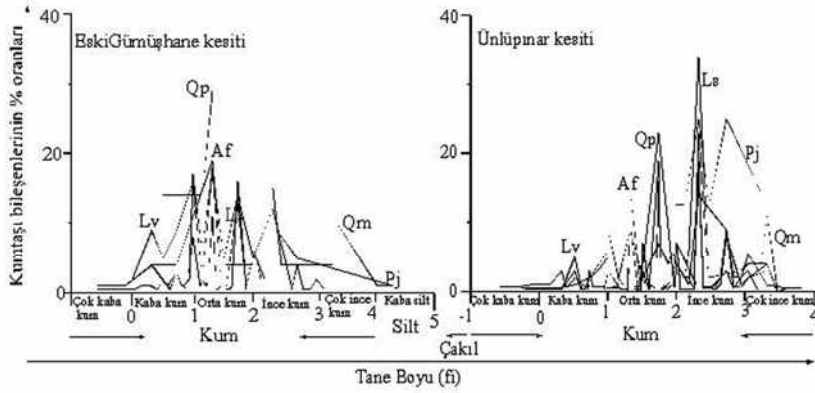
Adı geçen yörede tabakaların yanal yönde devamlı ve düzgün olması, istifin ince (marn, kireçtaşı) ve daha iri taneli (kumtaşı, çakıltası) kayaçların sürekli ardalanmasından oluşması, tortul yapı ve kanal dolgusu fasiyesinin olması, bunların türbidit akıntılarla taşınıp çökeldiğini göstermektedir. Havzada iri taneli kumtaşı ve kanal dolgusunun mevcudiyeti ve aynı zamanda yer yer laminalanmanın olması akıntı yoğunluğunun zaman zaman yüksek zaman zaman da düşük olduğunu göstermektedir (Pantin 1979; Lowe 1982). İstifte yer yer volkanik malzemenin görülmesi tortulaşma süresince dönemsel volkanik faaliyetlerin olduğuna işaret etmektedir.

## DOKUSAL ÖZELLİKLER

Eski Gümüşhane Ölçülü Stratigrafik Kesiti kumtaşılarının tane boyu ortalaması (Mz) değerleri 1 - 1.97φ arasında değişmektedir. Wentworth boyut sınıflamasına bu kesite ait kumtaşıları genel olarak orta tanelidir (Folk, 1974). Bileşenlerin türlerine göre tane boyu dağılımına bakılacak olursa; *Monokristalin kuvars (Qm)*, çok kaba kum - kaba silt arasında değişmektedir. Fakat çoğunluğunu (yaklaşık % 15) orta kum oluşturmaktadır. *Polikristalin kuvars (Qp)*, kaba kum-orta kum arasında değişmektedir, çoğunluğunu (yaklaşık % 30) orta kum oluşturmaktadır. *Alkali feldispat (Af)*, kaba kum- ince kum arasında değişmekte olup, büyük çoğunluğu (yaklaşık % 21) orta kumdur. *Plajiyoklaz (Pj)*, çok kaba kum-kaba silt arasında değişmekte olup, çoğunluğu (% 17) orta kumdur. *Volkanik kayaç parçası (Lv)*, Çok kaba kum-ince kum arasında değişmektedir, fakat büyük bir kısmını (% 19) orta kum oluşturmaktadır (Şekil 4).

Eski Gümüşhane kesiti kumtaşılarının standart sapma ( $\sigma_1$ ) değerleri 0.4 - 0.95φ arasında değişir; yani bu kumtaşıları iyi - orta boylanmıştır. Örneklerin kümülatif % frekans eğrileri ve histogramları da bunu destekler niteliktedir. Kumtaşı örneklerinin grafik yamukluk (sk) değerleri -0.01 - 0.18φ arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlerden yola çıkarak tanelerin dağılımının simetriğe yakın - ince taneye yamuk (Folk, 1974) olduğu belirlenmiştir. Bu, çökme ortamında kaba taneli malzemenin bol olduğunu ve havzaya yakın kaynaktan malzeme taşındığı anlamına gelebilir.

**Ünlüpnar (Kelkit) Ölçülü Stratigrafik Kesiti kumtaşılarında** tane boyu ortalaması (Mz) değerleri 1.33 ile 2.77φ arasında değişir. Wentworth tane boyutu sınıflamasına göre



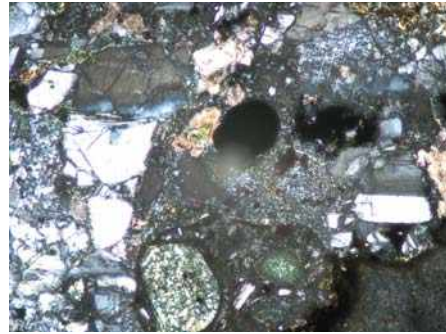
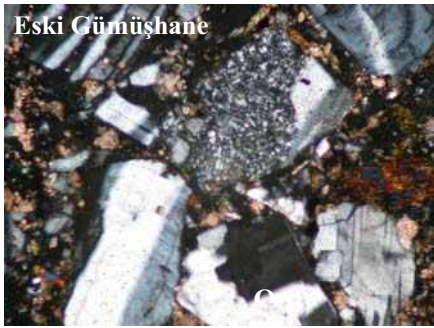
Şekil 4. Tane Boyunun fonksiyonuna bağlı olarak seçilen kumtaşı örnekleri bileşenlerinin oranları

Figure 4. Proportions of detrital components as a function of grain size of selected sandstone samples

G-6

Eski Gümüşhane kesiti

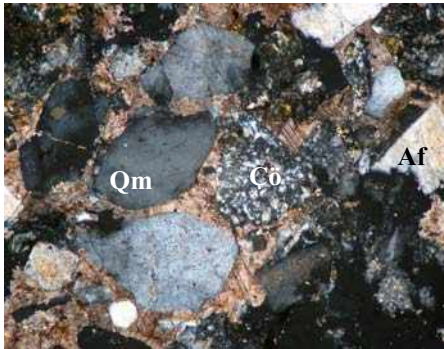
G-2



P-13

Ünlüpinar kesiti

P-11



Şekil 5. Seçilen bazı kumtaşı örneklerinin ince kesit görünüşleri (Qm: Monokristalin kuvars, Qp: Polikristalin kuvars, Af: alkali feldispat, Lv: Volkanik kayaç parçası, Ls: Sedimanter kayaç parçası, M: Matriks, Çm: Çimento, Çö: Çört, Kçt: Kireçtaşı parçası, Op:Opak mineral)

Figure 5. Microscopic view of selected some samples of sandstones (Qm: Monocrystalline quartz, Qp: Polycrystalline quartz, Af: Alkali feldspar, Lv: Volcanic rock fragment, Ls: Sedimentary rock fragment, M: Matrix, Çm: Cement, Çö: Chert, Kçt:Limestone fragment, Op: Opac mineral)

**Çizelge 1.** İncelenen kumtaşı örneklerinin tane boyu istatistiksel parametreleri**Table 1.** Grain size statistical parameters of studied sandstones

Ölçülü kesit adı	Örnek No	$\phi 1$	$\phi 5$	$\phi 16$	$\phi 25$	$\phi 50$	$\phi 75$	$\phi 84$	$\phi 95$	Mz	$\sigma 1$	Sk
Eski Gümüşhane	G-2	-1.75	-0.5	0.25	0.75	1.2	1.98	2.1	2.15	1.18	0.86	-0.01
	G-6			0.75	0.95	1.4	1.9	2.4	2.5	1.5	0.79	0.11
	G-12		-0.7	0.1	0.4	1.05	1.2	1.98	2.5	1	0.95	-0.005
	G-13		0.8	0.98	1.05	1.4	1.9	2.35	2.8	1.57	0.64	0.18
	G-14	0.15	0.8	0.98	1	1.3	1.7	1.8	2.1	1.36	0.4	0.1
	G-15	-0.05	-0.1	1.15	1.2	2	2.3	2.75	3.1	1.97	0.9	-0.03
Ünlüpınar	Pe-1	0.85	1	1.15	1.4	2	2.2	2.65	3	1.93	0.67	-0.07
	Pe-2	0.45	0.75	1	1.25	1.75	2.1	2.5	2.98	1.75	0.7	0
	Pe-3	-0.01	1.2	1.8	1.85	2.25	2.6	2.8	3.1	2.28	0.56	0.053
	Pe-4	-0.3	-0.25	1.1	1.2	1.75	2	2.5	2.8	1.78	0.8	0.04
	Pe-5	-0.02	1.25	1.4	1.45	1.8	2.2	2.25	2.8	1.82	0.44	0.03
	Pe-6	1	1.15	1.40	1.60	2.2	2.5	2.55	3.1	2	0.58	-0.2
	Pe-7	-0.5	0	1.1	1.25	1.95	2.1	2.35	3.1	1.8	0.78	-0.19
	Pe-8	0.7	0.75	1.15	1.25	1.6	2.2	2.5	3	1.75	0.68	0.16
	Pe-9	1.25	1.8	2.2	2.5	2.85	3.1	3.25	3.3	2.77	0.49	-0.13
	Pe-10	-0.1	1.4	1.65	1.70	1.85	2.2	2.4	2.8	1.97	0.4	0.21
	Pe-11	0.5	0.75	1	1.5	1.7	1.95	2.1	2.55	1.6	0.54	-0.14
	Pe-13	0.75	0.8	1	1.05	1.25	2	2.25	3.05	1.5	0.65	0.27
	Pe-14	1.3	1.85	2	2.45	2.9	3.08	3.15	1.2	2.68	0.27	-0.03
	Pe-15	-0.15	-0.10	-0.01	0.1	0.85	1.75	2.4	3	1.08	1.07	0.14
	Pe-16	-0.25	-0.1	0.5	0.95	1.4	1.9	2.1	2.5	1.33	0.79	-0.06

Mz: Tane boyu ortalaması,  $\sigma 1$ : Grafik standart sapma, Sk: Grafik yamukluk

kumtaşları orta - ince tanelidir (Folk, 1974). Öte yandan her bir bileşen kategorisinin tane boyu önemli ölçüde değişir; *Monokristalin kuvars (Qm)*, çok kaba kum - çok ince kum arasında değişmektedir ve büyük çoğunluğunu (yaklaşık % 10) çok ince kum oluşturmaktadır. *Polikristalin kuvars (Qp)*, çok kaba kum - çok ince kum arasında değişmekte olup, çoğunluğu (yaklaşık % 25) orta kumdur. *Alkali feldispat (Af)*, çok kaba kum- çok ince kum arasında değişmekte olup, büyük çoğunluğu (yaklaşık % 18) ince kum oluşturmaktadır. *Plajiolklaz (Pj)*, ince kum - çok ince kum arasında dar bir yayılım göstermektedir. *Volkanik kayaç parçası (Lv)*, Çok

kaba kum - çok ince kum arasında değişiklik göstererek, çoğunluluğu (% 26) ince kumdan ibarettir. *Sedimanter kayaç parçası (Ls)*, kaba kum - çok ince kum arasında dağılım göstermektedir, büyük bir kısmı (% 35) ince kumdur.

Ünlüpınar kesiti kumtaşlarının standart sapma ( $\sigma 1$ ) değerleri 0.27-1.07 $\phi$  arasında değişiklik sunmaktadır. Bu değerlere göre bu kumtaşlarının boylanması çok iyi ile kötü arasında değişir. Çizelge 1 ve Şekil 3'e bakıldığında; 4 örneğin (Pe5, Pe9, Pe10, Pe14)  $\sigma 1$  değerleri 0.27 ile 0.49 $\phi$  arasında değişmektedir (<0.35 $\phi$  çok iyi ve 0.35-0.50 $\phi$  iyi boylanmalı,

Çizelge 2. İncelenen kumtaşlarına ait bileşenlerin modal analiz sonuçları  
 Table 2. Modal analysis conclusions of composite of investigated sandstones

Ölçülü Kesit adı	Örnek No	Kuvars %		Feldispat %		Kayaç Parçası %		Mat. %	Çim. %	Tali Mineral %		Opak	
		Qp.	Om.	Af.	Pi.	Lv.	Ls.			Olivin	Epid.	Biyt.	Kl.
Eski Gümüşhan e	G-2	21.1±2.6	0.7	0.4	22.7±2.6	20.2±2.5	0.6	24.6±2.7	4.5±1.3	0.9	-	-	4
	G-6	17.7±2.4	0.4	2.1±0.8	22.1±2.6	6.6±1.5	0	17.5±2.4	13.7±2.2	0	14.5	0	4.4
	G-8	30.8±2.9	2.5±0.8	4.5±1.3	12.5±2	15.5±2.3	0	11.16±1.9	17.16±2.4	0	1.5	0	2.16
	G-12	13.5±2	2.9±0.9	7.6±1.6	5.6±1.4	36.8±3	0	4.7±1.3	18.8±2.5	0	3.3	0	6.4
	G-13	22±2.6	0.4	2.8±0.9	17.6±2.4	4.4±1.2	0	5.6±1.4	25.8±2.8	0	8.4	0.3	9.6
	G-14	25.8±2.7	0.3	8.6±1.7	6.5±1.5	8.1±1.7	0	9.8±1.9	30.4±2.9	0	2.5	0	4.2
G-15	31.1±2.9	0	2.5±0.9	5.6±1.4	7.4±1.6	0	45.1±3	1.6±0.7	0	3.3	0	1.2	
G-16	32.5±2.9	0	5.9±1.4	5.6±1.4	6.3±1.5	0	12.7±2	21.2±2.6	0	2.4	0	7.2	
Ünlüpanar	P-1	22.2±2.6	5.1±1.3	7.5±1.7	0	41.8±3	2.7±1	0	19.5±2.5	0	0	0	0.4
	P-2	19±2.4	5.7±1.4	6.8±1.6	0.6	39.4±3	2.2±0.9	0	25.2±2.7	0	0	0	1
	P-3	20.4±2.5	8.3±1.8	9.7±1.8	0.2	32.1±2.9	1±0.6	0.4	26.8±2.8	0	0	0	0.6
	P-4	20.8±2.5	9.5±1.9	7.9±1.7	0	49.4±3.1	1.1±0.6	0	10.4±1.9	0	0	0	1
	P-5	14.7±2	9.8±1.9	9.2±1.8	0.8	47.7±3.1	2.1±0.9	0	15.3±2.2	0	0	0	0.4
	P-6	16.6±2.3	3.8±1	12.2±2	0	40.4±3.1	10.8±1.9	0	15.4±2.2	0	0	0	0.8
	P-7	15±2	11.2±1.9	12.8±2	0.4	38.5±3	6.3±1.5	0	15±2.2	0	0	0	0.6
	P-8	30.3±2.9	12.7±2	12.1±2	0.5	32±2.9	1.7±0.8	0	9.7±1.8	0	0	0	0.5
	P-10	25.4±2.7	7.8±2	14.4±2	0.5	33±2.9	1.7±0.8	0	16±2...3	0	0	0	0.3
	P-11	22.6±2.6	6.9±2.1	14.8±2	0.4	40.7±3	0.9	0	13.1±2.1	0	0	0	0.2
	P-13	25.4±2.7	7.4±1.9	11±1.9	0.4	35.7±3	0.8	0	17.7±2.4	0	0	0	1.1
	P-14	22.6±2.6	2.9±1	9.3±1.8	0.1	39.1±3	4±1.2	0	20.7±2.5	0	0	0	0.8
	P-15	24.6±2.7	11.3±1.9	10.3±1.9	0.3	38.2±3	0.6	0	13.8±2.1	0	0	0	0.2
	P-16	29.2±2.8	11.6±1.9	11.1±1.9	3.1±1	28.9±2	1.8±0.8	0	13.4±2.1	0	0	0	0.5

Qm: Monokristalin kuvars, Qp: Polikristalin kuvars, Af: Alkali feldispat, Pi: Plajjoklaz, Lv: Volkanik kayaç parçası, Ls: Sedimanter kayaç parçası, Mat: Matriks, Çim: Çimento, Epid: Epidot, Biyt: Biyotit, Kl: Klorit, Min: Mineral

Folk, 1974); kümülatif % frekans eğrileri de düzgün “S” ye yaklaşarak kumtaşlarının iyi boyanmalı olduğunu gösterir. Diğer örneklerin  $\sigma_1$  değerleri 0.54 ile 1.07 $\phi$  arasında değişerek ve kümülatif % frekans eğrileri de “S” den uzaklaşarak kumtaşlarının kötü boyanmalı olduğunu desteklemektedir. Bu kesitteki kumtaşlarının grafik yamukluk (sk) değerleri – 0.2-0.16 $\phi$  arasında değişiklik göstermektedir. Söz konusu değerlere göre kum taneleri kaba taneye yamuk-ince taneye yamuktur (Folk, 1974). Dolayısıyla havza hem uzak kaynaktan hem de yakın kaynaktan beslenmiştir.

Her iki kesitin kumtaşlarının tane boyu parametreleri karşılaştırıldığında bazı farklılıklar gözlenmektedir. Eski Gümüşhane kesitinin kumtaşları orta tanelidir; Ünlüpınar kesitinin kumtaşları orta – ince arasında değişmekle birlikte çoğunlukla ince tanelidir. Bu, Eski Gümüşhane kesiti kumtaşları tanelerinin, Ünlüpınar kesiti kumtaşları tanelerine göre daha az mesafeden taşındığının kanıtı olabilir. Eski Gümüşhane kesiti ve Ünlüpınar kesiti kumtaşları, sırasıyla iyi – orta boyanmalı ve çok iyi – kötü boyanmalıdır. Buna göre; Eski Gümüşhane kesiti kumtaşları dar bir aralıkta boyanma göstererek havzanın tek bir kaynaktan beslendiğine işaret etmektedir. Oysaki Ünlüpınar kesiti kumtaşları çok geniş aralıkta boyanma göstererek havzanın biri yakın diğeri ona göre daha uzak mesafede olan iki ayrı kaynaktan beslendiğini belirtmektedir. Eski Gümüşhane kesiti kumtaşları, simetriğe yakın – ince taneye yamuk; Ünlüpınar kesiti kumtaşları, kaba taneye yamuk – ince taneye yamuktur. Buna göre, Eski Gümüşhane kesiti kumtaşları, Ünlüpınar kesiti kumtaşlarına göre daha iri tanelidir, tek ve daha yakın kaynaktan beslenmiştir.

## SEDİMANTER PETROGRAFI

Ölçülü stratigrafik kesitlere ait kumtaşı örneklerinin petrografik modal analizi yapılarak bileşenlerin bağıl bollukları tespit edilmiştir (Çizelge 2). Kumtaşları başlıca, kuvars (monokristalin kuvars, polikristalin kuvars), feldispat (alkali feldispat, plajiolaz), kayaç parçası (volkanik kayaç parçası, sedimenter kayaç parçası), opak mineral, tali mineral (epidot, klorit, olivin ve biyotit), matriks ve çimento içermektedir (Şekil 5). İzleyen alt bölümlerde iki ölçülü stratigrafik kesit için ayrı ayrı olmak üzere bu bileşenlerin özellikleri ve bağıl bollukları ile ilgili veriler sunulacaktır.

### Eski Gümüşhane Ölçülü Stratigrafik Kesiti

**Kuvars:** *Monokristalin Kuvars (Qm):* Bu yöredeki kumtaşları içerisinde % 13.5±2 – 32.5±2.9 arasında değişmektedir. Taneler çoğunlukla köşeli-yarı köşelidirler (Şekil 5, G-2) ve Genellikle düz sönmeli olmakla beraber dalgalı sönmeli olanlar da vardır. *Polikristalin kuvars (Qp):* Kayaç içerisinde % 0-2.9 ±0.9 arasında değişiklik göstermektedir. Çoğunlukla yarı yuvarlak-yarı köşelidirler ve kristal sınırları sütürlüdür (Şekil 5, G-6).

**Feldispat:** *Alkali Feldispat (Af):* Kumtaşları içerisinde % 0.4-8.6±1.7 arasında değişmektedir. Taneler yarı köşeli-köşelidir. Büyük çoğunluğu mikropertitik sütrüktürde olup, plutonik kaynağı işaret etmektedir. *Plajiolaz (Plj):* Birim içerisinde % 5.6±1.4-22.7±2.6 arasında bulunmaktadır. Büyük çoğunluğu polisentetik ikizlenme, bir kısmı ise zonlu yapı göstermektedir. Bazı tanelerde kalsitleşme ve kloritleşme söz konusudur.

**Kayaç Parçacığı:** *Volkanik kayaç parçası (Lv):* Kumtaşı örnekleri içerisinde %  $4.4 \pm 1.2$  –  $20.2 \pm 2.5$  arasında değişiklik sunmaktadır. Taneler, yarı yuvarlak-yarı köşelidirler (Şekil 5, G-6). Çoğunluğu bazik kayaç parçacığı olmakla beraber asidik kayaç parçaları da mevcuttur. *Sedimanter Kayaç Parçası (Ls):* Kayaç içerisinde sedimanter kayaç parçası yok denecek kadar azdır. Sadece bir örnekte (G-2) % 0.6 oranında mevcuttur (Şekil 5).

**Tali Mineral:** Kumtaşları tali mineral olarak % 0 - 18.3 oranında epidot, klorit, olivin ve biyotit içermektedir.

**Opak Mineral:** Kayaç içerisinde % 0.7 - 6.4 oranında bulunmaktadır.

**Bağlayıcı: Matriks:** Kumtaşları %  $4.7 \pm 1.3$  –  $45.1 \pm 3$  arasında değişen oranlarda tuf, monokristalin kuvars, plajiolaz ve feldispat parçalarından ibaret olan bir matriks içermektedir (Şekil 5, G-6). **Çimento:** Kayaç içerisinde %  $1.6 \pm 0.7$  -  $25.8 \pm 2.8$  oranında kalsit çimento mevcuttur.

### Ünlüpar Ölçülü Stratigrafik Kesiti

**Kuvars: Monokristalin Kuvars (Qm):** Kumtaşı örnekleri içerisinde %  $14.7 \pm 2$  –  $30.3 \pm 2.9$  arasında değişen oranlarda monokristalin kuvars bulunmaktadır. Taneler, yarı yuvarlak – yarı köşelidirler (Şekil 5, P-13, P-11) ve çoğunlukla düz sönme, ender olarak da dalgalı sönme göstermektedirler. Düz sönmeli olanlar volkanik kor kayaç kaynağını (Tucker, 1991), dalgalı sönmeli olanlar ise hem düşük metamorfik kaynağı, hem de plutonik kaynağı göstermektedir (Lewis ve McConchie, 1994). **Polikristalin Kuvars (Qp):** Kayaç içerisinde  $2.9 \pm 1$  -  $12.7 \pm 2$  arasında değişiklik göstermektedir. Taneler

yuvarlak-yarı yuvarlaktır ve kristal sınırları düz ve sütürlüdür.

**Feldispat: Alkali Feldispat (Af):** İstifte %  $6.8 \pm 1.7$  –  $14.8 \pm 2$  arasında değişen oranlarda bulunmaktadır (Şekil 5, P-13). Taneler, yuvarlak-yarı yuvarlaktırlar ve genellikle mikro pertitik sütrüktürde olup plutonik kaynağı göstermektedirler. **Plajiolaz (Plj):** Kayaç içerisinde  $0.3.1 \pm 1$  arasında değişiklik göstermektedir ve polisentetik ikizlenme söz konusudur.

**Kayaç Parçası: Volkanik kayaç parçası (Lv):** İstifte bolluğu %  $28.9 \pm 2$  –  $49.4 \pm 3.1$  arasında değişiklik göstermektedir. Taneler, çoğunlukla yuvarlak ve yarı yuvarlaktır (Şekil 5, P-11), hem bazik hem de asidik kayaç parçaları vardır. *Sedimanter Kayaç Parçası (Ls):* Kumtaşları içerisinde %  $0.6-10.8 \pm 1.9$  arasında değişmektedir. Taneler yarı yuvarlak-yuvarlaktırlar. Büyük çoğunluğu kireçtaşı parçası (Şekil 5, P-11) olmakla beraber ender olarak çört parçacıkları (Şekil 5, P-13) da mevcuttur.

**Tali Mineral:** Bu yöreye ait kumtaşları içerisinde tali minerale rastlanmamıştır.

**Opak Mineral:** Kumtaşı içerisinde % 0.2-1.1 arasında değişen oranlarda bulunmaktadır (Şekil 5, P-11).

**Bağlayıcı: Matriks:** Bu yöredeki kumtaşları yok denecek kadar (% 0-0.4) az oranda matriks içermektedir. **Çimento:** Kayaç %  $9.7 \pm 1.8$  -  $26.8 \pm 2.8$  arasında değişen oranlarda kalsit çimento içermektedir (Şekil 5, P-11).

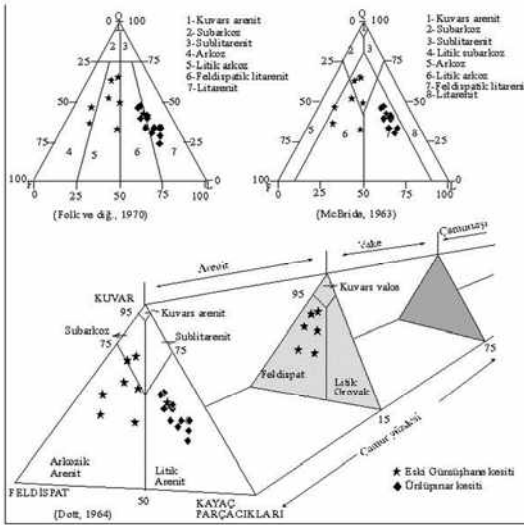
Her iki kesitin mineral bileşenleri (tali mineral ve matriks hariç) birbirine benzerlik göstermektedir. Çünkü hem Eski Gümüşhane



yöresinin hem de Ünlüpnar (Kelkit) yöresinin stratigrafisi neredeyse aynıdır. Dolayısıyla her iki yörenin kumtaşıları aynı litolojiye sahip kaynaklardan beslenmişlerdir. Eski Gümüşhane kesiti kumtaşıları Ünlüpnar kesiti kumtaşılarından farklı olarak tali mineral (epidot, klorit, olivin ve biyotit) ve matriks içermektedir. Bu da Eski Gümüşhane havzasının, Ünlüpnar havzasına kıyasla kaynak alanına muhtemelen daha yakın olması ile açıklanabilir. Bilindiği gibi epidot, klorit, olivin ve biyotit duraysız minerallerdir; taşınma mesafesi ve süresi arttıkça bu mineraller silt, kil boyutuna kadar küçülmektedirler. Aynı şekilde taşınma mesafesi arttıkça matriks (0.03 mm) boyutundaki malzemeler ayrışır ve çökeltme alanına kadar ulaşamazlar (Folk, 1974).

### KUMTAŞLARININ SINIFLAMASI

Seçilen kumtaşı örneklerinin Folk ve diğ. (1970), McBride (1963) ve Dott (1964)'un üçgen diyagramları yardımıyla sınıflamaları yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Gümüşhane yöresi Eosen yaşlı kumtaşılarının farklı araştırmacılara göre sınıflandırılması

Figure 6. Classification of Eosen aged sandstones in Gümüşhane according to different researchers

Buna göre; Folk ve diğ. (1970) ve McBride (1963) üçgen diyagramlarında Ünlüpnar kesiti kumtaşılarının neredeyse tamamı litarenit bölgesinde, Eski Gümüşhane kesiti kumtaşı örnekleri ise arkoz ile feldispatik litarenit arasında değişiklik göstermektedir. Dott (1964) üçgen diyagramında matriks göz önünde bulundurulmadan hesap yapıldığında Ünlüpnar kesiti kumtaşıları litik arenit, Eski Gümüşhane kesiti kumtaşıları ise arkozik arenit - subarkoz bölgelerine düşmektedir. Ancak matriks göz önünde bulundurularak hesap yapıldığında Eski Gümüşhane kesiti kumtaşılarına ait 6 örnekte matriks oranı % 15'den fazla olduğu için söz konusu örnekler, feldispatik grovak bölgesinde yer almaktadır. Bu veriler ışığında Eosen yaşlı kumtaşıları, Ünlüpnar kesitinde *litarenit*, Eski Gümüşhane kesitinde ise *arkoz-litik arkoz* olduğu söylenebilmektedir.

### MİNERALOJİK VE DOKUSAL OLGUNLUK

Eski Gümüşhane kesiti kumtaşılarında kuvars oranı % 16.4 - 32.5, feldispat oranı % 8.1-23.1, kayaç parçacığı oranı % 1.7 - 20.8 arasında değişmektedir. Ünlüpnar kesitinde ise kuvars oranı % 20.4 - 43, feldispat oranı % 7.1 - 14.8, kayaç parçacığı oranı % 30.7 -50.5 arasında değişiklik göstermektedir. Bu değerlere göre her iki yörede de kumtaşıları mineralojik açıdan olgun değildir (Vollani ve Mezzadri, 1984). Ayrıca örneklerin hiçbirinde olgunluğun en önemli göstergelerinden olan ağır minerallere (turmalin, zirkon, rutil) rastlanmamıştır. Bunların yanısıra olgun örneklerin QFL diyagramında kraton içi alana düşmesi beklenirken (Cox ve Lowe, 1996), bu çalışmada örnekler magmatik yay ve yeniden işlenen orojen bölgelerine düşmüşlerdir; bu ise Gümüşhane bölgesi Eosen yaşlı kumtaşılarının

bileşimsel olarak olgun olmadığını ispatlamaktadır.

Eski Gümüşhane yöresinde, tanelerin genellikle köşeli - yarı köşeli olması ve boylanmanın orta - iyi olması ve Ünlüpınar yöresinde ise tanelerin genellikle yuvarlak -yarı yuvarlak olması ve boylanmanın iyi - kötü arasında değişmesi (Çizelge 1) bölge kumtaşlarının dokusal olarak olgun olmadığını da işaret etmektedir (Tucker, 1991).

### **KUMTAŞLARININ PLAKA TEKTONİĞİ AÇISINDAN YORUMU**

QFL, QmFLt, QpLvLs, üçgen diyagramları kullanılarak kumtaşlarının kaynak bölgesinin Levha Tektoniği açısından yorumu yapılmıştır (Dickinson ve Suczek, 1979; Dickinson, 1982, Dickinson ve diğ., 1983).

Üçgen diyagramlarda uç değer olarak kullanılan bileşenlerin yüzde oranları çizelge 2'de verilmiştir.

QFL üçgen diyagramına göre her iki kesite ait kumtaşları, yeniden işlenmiş orojen bölgesi ve magmatik yay bölgesinden türemişlerdir.

QmFLt üçgen diyagramına göre Eski Gümüşhane kesiti kumtaşları ise temel yükselimi, karışık bölge ve ayrılmış yay bölgelerini işaret etmektedir. Ünlüpınar kesiti kumtaşı örnekleri, yeniden oluşan geçişli bölge, geçişli yay ve karışık bölgelerde yer almaktadır. QpLvLs üçgen diyagramında ise Eski Gümüşhane kesiti kumtaşları ise yay kökenli bölgeyi, Ünlüpınar kesiti kumtaşı örneklerinin yarısı bindirme kökenli, diğer yarısı ise yay kökenli bölgeyi göstermektedir (Şekil 7).

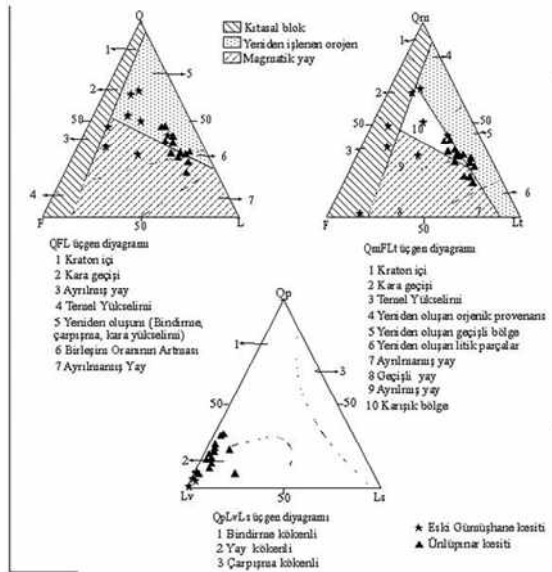
Bu bilgiler ışığında kumtaşlarının tamamen yay gerisi bindirme kuşağından türediği söylenebilmektedir (Dickinson, 1985), fakat bileşenler zamanla bir provenanstan diğerine hareket etmiştir (Marsaglia ve Ingersoll, 1992).

### **TARTIŞMA VE SONUÇLAR**

Gümüşhane yöresinde Eosen yaşlı kırıntılı kayaçlar, güney-batı kesiminde volkanoklastik özellikte, güney-doğu kesiminde ise silisiklastik özellikte olmak üzere iki farklı karakterde çökelmiştir. Volcano-klastik serinin Eski Gümüşhane yöresinde ölçülen kalınlığı 195 m. dir. İstif, başlıca kumtaşı, marn-kiltaşı, kireçtaşı ve tuf araldanmasından oluşmaktadır. Silisiklastik istifin kalınlığı, Ünlüpınar (Kelkit) civarında 280 m olarak ölçülmüştür. Oysaki, Güner ve diğ. (1986), Kelkit-Şiran yörelerinde Eosen yaşlı silisiklastiklerin yaklaşık 600 m kalınlık sunduğunu vurgulamıştır. Kalınlıktaki bu farklılığın nedeni, havzanın asimetric konumundan kaynaklanmış olabilir. Silisiklastik istif genel olarak kumtaşı, marn araldanması şeklindedir. Bu araldanmaya yer yer çakıltası, kireçtaşı ve tuf eşlik etmektedir. Söz konusu istifte tortul yapı olarak, yer yer derecelenme ve paralel laminalanma gözlenmektedir.

Volkanoklastik istife ait kumtaşları genellikle orta taneli, silisiklastik istife ait kumtaşları ise çoğunlukla ince tanelidir.

Volkanoklastik ve silisiklastik istiflere ait kumtaşlarının bileşenleri; kuvars, feldispat, kayaç parçası, opak mineral, tali mineral, matriks ve çimentodur. Kuvars, feldispat ve kayaç parçacıklarının oranlarına göre; Silisiklastik istife ait kumtaşları litarenit, volkanoklastik istife ait kumtaşları ise arkoz - feldispatik litarenit arasında değişiklik göstermektedir.



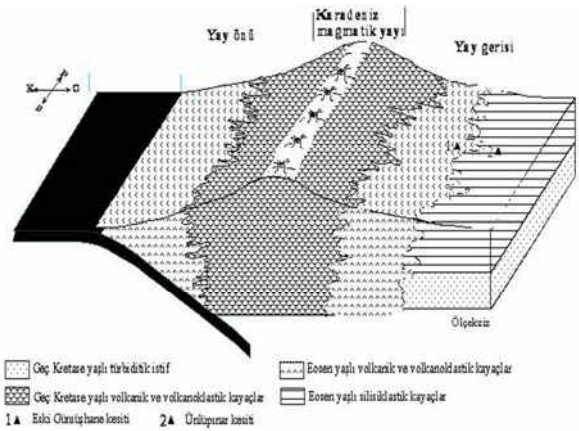
Şekil 7. İncelenen Kumtaşı örneklerinin levha ölçekli provenanslarını gösteren üçgen diyagramlardaki dağılımları (Dickinson, 1985)

Figure 7. Provisional composition of the derivation of the studied sandstones from different types of provenance (from Dickinson, 1985)

Her iki istife ait kumtaşları, hem mineralojik olarak hem de dokusal olarak olgunlaşmamıştır.

Doğu Karadeniz'in jeotektonik evriminin açıklanmasında birçok araştırmacı farklı yorumlar yapmışlardır. Adamia ve diğ., (1977) ve Tokel (1983)'e göre Karadeniz magmatik yayı Paleozoik'ten Eosen sonlarına kadar devam eden kuzeye doğru bir yitimle gelişmiştir. Şengör ve diğ., (1980) Karadeniz magmatik yayı için Dogger'e dek güneye; Üst Kretase'den Eosen sonuna kadar ise kuzeye doğru farklı dönemlerde çift yitimin olduğunu ileri sürmüşlerdir. Dewey ve diğ., (1973), Bektaş, (1981, 1982, 1986), Bektaş ve diğ., (1984) ise Karadeniz yayının esas yapısının güneye doğru sürekli yitimle geliştiği

görüşünü benimsemişlerdir. Ayrıca Gedik ve diğ., (1996) da yaptıkları çalışma ile, Karadeniz Magmatik yayının merkezinin yaklaşık olarak Zigana – Soğanlı dağlarının doruk hattına denk geldiğini belirtmişlerdir. Bu hattın kuzeyinde lav ve piroklastların egemen olduğu bir yay önü havza; güneyinde ise sedimenter kayaçların baskın olduğu, çok az magmatik etkinliği bir yay gerisi havzanın geliştiğine dikkat çekmişlerdir. Karadeniz okyanusal litosferinin güneye doğru yitiminin, Miyo-Pliyosen'e kadar devam ettiğini vurgulamışlardır. Bu çalışmada, Eski Gümüşhane ve Ünlüpinar kesitleri kumtaşlarının plaka tektoniğine göre yay gerisi bindirme kuşağından türediği tespit edilmiştir. Bu da Gümüşhane ve civarlarının yay gerisi havza olduğunu destekler niteliktedir. Bu bağlamda, Gümüşhane yöresindeki Eosen yaşlı volkanoklastik ve silisiklastik kayaçların yay gerisi havzalarda çökeldiği söylenebilir (Şekil 8).



Şekil 8. Gümüşhane yöresindeki Eosen yaşlı volkanoklastik silisiklastik kayaçların çökme ortamını gösterir şemat (Saydam ve Korkmaz, 2006'dan değiştirilerek)

Figure 8. Deposition environments of Eocene volcanic and siliciclastic rocks around Gün (modified from Saydam and Korkmaz, 2006)

## KATKI BELİRTME

Yazar, makaleye yapıcı eleştirileri ile önemli katkı sağlayan hakem Doç. Dr. Faruk Ocakoğlu'na (Eskişehir Osmangazi Üniv.) teşekkür eder.

## EXTENDED SUMMARY

*This study aims at determining the sedimentological, sedimentary petrographic features and the correlation between Eocene aged volcanoclastic and siliciclastic characterized sandstones in the Gümüşhane region.*

*Eocene aged clastic rocks were developed into two different facies in Gümüşhane. These deposits are characterized by a volcanoclastic sequence in Northwest Gümüşhane and by a siliciclastic sequence Southeast of Gümüşhane. The thickness of the volcanoclastic sequence is 195 m. around Eski Gümüşhane and the thickness of the siliciclastic sequence is 280 m. around Ünlüpinar (Kelkit). The volcanoclastic sequence is a composite of grey colored and medium, thick bedded limestone, grey, brown colored and thin, medium, thick bedded siliciclastic sandstone, green, grey, brown colored and thin, medium bedded marl-claystone and tuff. The siliciclastic sequence is composite of grey, yellowish brown colored and thin, medium, thick bedded sandstone, green, greenish grey, brown colored and thin, medium bedded marl. There is frequently observed locally interbedding with light grey, thin, medium bedded limestone, conglomerate and tuff. The sedimentary structures are graded bedded and parallel lamination.*

*The composite of Eocene aged sandstones comprises quartz (monocrystalline and polycrystalline quartzes), feldspars (alkali feldspars and plagioclases), lithic fragments (sedimentary rock fragments and volcanic rock fragments), opaque mineral, accessory mineral, matrices and cements. In the Eski Gümüşhane section, monocrystalline quartzes range from very coarse sand to coarse silt. These grains are angular and subangular. They are either of uniform extinction or undulose extinction. The polycrystalline quartzes range from coarse sand to coarse silt mostly, and the crystal boundaries are either straight or sutured. The alkali feldspars vary between coarse sand and fine sand. The grains are generally subangular to angular. The plagioclases range from very coarse sand to coarse silt. They exhibit polysynthetic twinning. Volcanic rock fragments range from very coarse sand to coarse silt. These grains are subrounded and subangular, and they have mostly basic rock fragments. In the Ünlüpinar section, monocrystalline quartzes range from very coarse sand to very fine sand. Their grains are subrounded and subangular, and in general they are of uniform extinction but, rarely, there are of undulose extinction too. Polycrystalline quartzes vary between very coarse sand and very fine sand. Grains range from rounded to subrounded. The crystal boundaries are either straight or sutured. Alkali feldspars range from very coarse sand to very fine sand and their grains are rounded to subrounded. The plagioclases range from fine sand to very fine sand and they exhibit polysynthetic twinning. The volcanic rock fragments range from very coarse sand to very fine sand and their grains are rounded to subrounded. They have either basic or acidic rock fragments. Sedimentary rock fragments vary*

*between coarse sand and very fine sand. The grains range from subrounded to rounded. They are composed of limestone and a few chert fragments. According to the mineral ratios in the rock, the sandstones belonging to the volcanoclastic sequence are identified as arkos and lithic arkos, and the sandstones of the siliciclastic sequence are named litharenite.*

*Both of the sequences are either compositionally immature or texturally immature. The main provenances of the two sequences are generally magmatic arc, recycled orogen region and back arc subduction complex. Volcanoclastic and siliciclastic sequences are deposited in a back arc basin.*

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Adamia, S. H., Lordkipanidze, M., Zakariadze, G., 1977. Evolution of Active Continental Margin as Exemplified by the Alpine History of the Caucasus Amsterdam Tectonophysics 40, 183-199.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin jeolojisi, Doktora Tezi, İ.Ü.Fen Fakültesi, İstanbul.
- Bektaş, O., 1981. Kuzey Anadolu Fay zonunun Erzincan – Tanyeri bucağı yöresindeki jeolojik özellikleri ve yerel ofiyolit sorunları: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yerbilimleri Derg., 32, 196 s. Trabzon.
- Bektaş, O., 1982. Tanyeri (Erzincan) ofiyolit karışığına ait trandjemitlerin paleotektonik konumu ve kökenleri: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yerbilimleri Derg., 2, 39-51, Trabzon.
- Bektaş, O., Pelin, S., Korkmaz, S., 1984., Doğu Pontid yay-gerisi havzasında manto yükselimi ve polijenetik ofiyolit olgusu, Türkiye Jeol. Kurultayı, 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri, 34-35.
- Bektaş, O., 1986. Doğu Pontid ark gerisi bölgelerinde paleostres dağılımı ve çok safhalı riftleşme, Maden Tetkik Arama Bülteni, Ankara, 103/104, 24-40.
- Cox, R., Lowe, D. R., 1996. Quantification of the effects of secondary matrix on the analysis of sandstone composition, Journal of Sedimentary Research, 66, 3, 548-558.
- Çınar, S., Türk, O., Er, M., Musaoğlu, A. ve Güç, A. R., 1985. Gümüşhane ili ile güneybatı yöresinin jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin rapor: MTA Report no: 696 (basılmamış), Ankara.
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., Ryan, W. B. F., Bonnin, J., 1973, Plate Tectonics and Evolution of Alpine System, Geol. Soc. Am. Bull., Boulder, 84, 3137- 3180.
- Dickinson, W. R., Suczek, C. A., 1979. Plate tectonics and sandstone composition, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 63, 2164-2182.
- Dickinson, W. R., 1982. Composition of sandstones in Circum-Pacific subduction complexes and fore-arc basins, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 66, 121-137.
- Dickinson, W. R., Beard, L.S., Breakendridge, G. R., Erjavec, L. J., Ferguson, Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A. Ryberg, P. T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting, Geological Society of America Bulletin, 94, 222-235.
- Dickinson, W. R., 1985. Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones, In: provenance of arenites (Ed. By G. G. Zuffa), 333-361.
- Dott, R. L., 1964. Wacke, greywacke and matrix: what approach to immature sandstone classification, J. Sed. Petrol. 34, 625-632.
- Eren, M., 1983, Gümüşhane – Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, MMLS Tezi; Trabzon.

- Erkan, Y., 2001. Magmatik petrografi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yayın no: 40, s. 206
- Folk, R. L., 1950. Stages of Textural Maturity in Sedimentary Rocks, *Petrology*, 21, 127-130.
- Folk, R. L., Andrews, P. B., Lewis, D. W., 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand- New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 13, p. 955.
- Folk, R. L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company Austin, Texas 78703. p. 16-30.
- Gedik, İ., Kırmacı, M. Z., Çapınoğlu, Ş., Özer, E., Eren, M., 1996, Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi, KTÜ Jeoloji Müh. Böl. 30. Yıl Sempozyumu Bildirileri.
- Güner, S., Er, M., Gümüşel, A., Boğuşlu, M., 1985. Gümüşhane – Eski Gümüşhane Yöresindeki cevherleşmelere ait jeoloji raporu, MTA Trabzon.
- Güner, S., Güç, A. R., Eroğlu, C. İ., Musaoğlu A., Boğuşlu M., Tosun C., Y., Kırıcı M., Yaprak S., 1986. Gümüşhane – Kelkit – Şiran ve Giresun – Alucra Yöresinin jeoloji raporu, MTA Trabzon.
- Güven, İ. H., Nalbantoğlu, A. K., Takaoğlu, S., 1993, 1/100.000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Keskin, İ., Korkmaz, S., Gedik, İ., Ateş, M., Gök, L., Küçümen, Ö., and Erkal, T. 1989. Bayburt dolayının jeolojisi: MTA Rapor no: 8995 (yayınlanmamış), Ankara.
- Ketin, İ., 1951. Bayburt Yöresinin Jeolojisi, İÜ Fen Fak. Mec. 16.
- Lowe, R. D., 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high - density turbidity, Currents, *Journal of Sedimentary Petrology*, 52, 1, 279-297.
- Marsaglia, K. M., Ingersoll, R. V., 1992, Compositional trends in arc-related, Deep-marine sand and sandstone: A reassessment of magmatic-arc provenance, *Geological of America Bulletin*, 104, 1637-1649.
- McBride, E. F., 1963. A Classification of common sandstones, *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, p.667.
- Pantin, H. M., 1979. Interaction between velocity and effective density in turbidity flow: Phase plane analysis with criteria for auto suspension, *Marine Geology*, 31, 59-99.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi, Doçentlik Tezi, KTÜ yayın no: 87, Trabzon.
- Saydam Ç. , Korkmaz S., 1996. Maden (Bayburt) Yöresi Eosen kumtaşlarının sedimanter petrografik özellikleri ve çökeltme ortamı, KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, Bildiriler Kitabı 624-635s.
- Saydam, Ç., Korkmaz, S., 2006, Doğu Karadeniz Bölgesinde Geç Kretase Yaşlı kırıntılıçökellerin sedimantolojik ve sedimanter petrografik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 49, 1, 25-48s.
- Stunner, L. J., Basu, A., 1985. The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point- counting method - discussion, *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, No.4, 616-627.
- Suthern, R., *Petrology*, 2004, <http://biogeonytt.blogspot.com/2004/08/virtual.geology.html>, 30 Augusti 2004.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. and Ketin, İ., 1980. Remnants of a pre-Late Jurassic ocean in Northern: Fragments of a Permian Triassic Paleo-Tethys: *Geol. Soc. Am. Bull.*, 91, 599-609.
- Tokel, S., 1972, Volcanic and Stratigrafic History of the Gümüşhane Area, NE-Turkey, Doktora tezi, University of College, Londra.

- Tokel, S., 1983, Lias Volkanitlerinin Kuzey Anadolu'daki Dağılımı ve Kuzey Tetis Ada Yayı Sistemi Evriminin Açıklanmasındaki Önemi, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Abstracts, Ankara, 42-43.
- Tucker, M. E., 1991, Sedimentary Petrology, Blackwell Scientific Publications, Oxford p. 11-19.
- Valloni, R., Mezzadri, G., 1984. Compositional Suites of Terrigenous Deep-Sea Sands of the Present Continental Margins, Sedimentology, 31, 353-364.
- Yılmaz, Y., 1972. Structure and petrology of the Gümüşhane granite and surrounding rocks: Ph.D. thesis, University of London.
- Yılmaz, C., 1992. Kelkit (Gümüşhane) Yöresinin stratigrafisi, Jeoloji Mühendisliği, 40, 50-62.
- Yılmaz, C. and Kandemir R., 2006. Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation: Gümüşhane Mesozoic Basin (NE Turkey), Geologica Carpathica, 57, 1, 3-13.

---

Makale Geliş Tarihi : 26 Kasım 2007  
Kabul Tarihi : 28 Nisan 2008

*Received* : November 26, 2007  
*Accepted* : April 28, 2008







## Subrecent Ostracoda Associations and the Environmental Conditions of Karstic Travertine Bridges on the Zamantı River, Southern Turkey

*Zamantı Irmağı Üzerinde Yer Alan Karstic Travertenlerde Yarı-Güncel Ostrakod Topluluğu ve Ortamsal Özellikleri, Güney Türkiye*

**Cemal TUNOĞLU, İbrahim Kadri ERTEKİN**

*Hacettepe University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department, 06800 Beytepe-Ankara/Turkey  
(e-mail: tunay@hacettepe.edu.tr)*

### ABSTRACT

Subrecent Ostracoda associations have been identified in karstic travertine deposits of the Zamantı River. In this study, seven species and three taxa left in open nomenclature (mainly of freshwater origin) were investigated: *Limnocythere inopinata*, *Eucyprinotus rostratus*, *Psychodromus olivaceus*, *Scottia pseudobrowniana*, *Potomocypris fallax*, *Candona neglecta*, *Heterocypris barbara*, *Psychodromus* sp., *Trajancypris* sp. and *Cypridopsis* sp. Recent climatic and hydrochemical conditions were also determined in detail in order to provide a picture of the environmental conditions dominating over the fauna (Ostracoda) and flora (Bacillariophyceae/diatomeae, Chlorophyceae/green algae, Cyanophyceae/blue-green algae). The results suggest that spring waters with a high carbon-dioxide content support the algale population growth.

**Key words:** Karstic travertine bridges, Ostracoda, subrecent, Turkey.

### ÖZ

*Zamantı Irmağı üzerinde yer alan karstik traverten çökellerinde yarı güncel ostrakod topluluğu tespit edilmiştir ve 7 bilinen tür ve isimlendirmeye açık 3 taxon (başlıca tatlısu kökenli) tanımlanmıştır. Limnocythere inopinata, Eucyprinotus rostratus, Psychodromus olivaceus, Scottia pseudobrowniana, Potomocypris fallax, Candona neglecta, Heterocypris barbara, Psychodromus sp., Trajancypris sp. ve Cypridopsis sp. Ayrıntılı güncel iklimsel ve hidrokimyasal koşullar ortaya konulduğunda ortamsal şartların ifade bulduğu koşullar içinde Ostrakod faunası ile diatom (Bacillariophyceae), yeşil alg (Chlorophyceae) ve mavi-yeşil alg (Cyanophyceae) flora topluluğu baskın durumdadır. Sonuçlar, yüksek karbondioksit içeriğine sahip kaynak sularının alg topluluğunun gelişimini desteklediğini göstermektedir.*

**Anahtar Sözcükler:** Karstik traverten köprüsü, Ostrakod, yarı-güncel, Türkiye.

## INTRODUCTION

Travertines are terrestrial freshwater carbonate formations and their faunal-floral associations have recently started to attract interest (Diebel and Pietrzeniuk, 1975, 1978, Pietrzeniuk, 1977; Chafetz and Folk, 1984; Emeis et al., 1987; Delorme, 1989, 1990; Pentecost, 1990; Viles and Goudie, 1990; Griffiths and Evans, 1991; Griffiths et al., 1993; Griffiths et al., 1995; Horne and Martens, 1999; Horne et al., 2002), as they are usually good indicators of environmental conditions. The morphology and geology of the three travertine bridges, and a detailed hydrochemistry, geochemistry, algal biology and formation hypothesis have been given by Bayarı (2002).

Study of fauna and flora associations, together with climatic and hydrochemical conditions, and the correlation of Holocene ostracode associations with fossils are believed to be helpful in reconstructing paleoenvironmental conditions elsewhere. Since the life forms depend strongly on the hydrochemical characteristics and climatic conditions dominating in a travertine site, a comparison of recent/subrecent species with those of the fossil record may provide information on past changes in environmental conditions.

Previous studies (Diebel & Pietrzeniuk, 1975, 1978, Meisch, 2000) indicate that travertines can develop chiefly via two distinct types of groundwater discharges, namely thermal and cool-karstic. Travertine formations associated with thermal springs usually include limited faunal and floral remains, probably because of harsh environmental conditions including high temperatures and the trace element content of the water. Compared to the cool-karstic travertines, most of the present day travertine-forming

thermal springs exhibit a limited plant and animal diversity unless they have not been polluted by chemical species which may provoke life. Due to the limited number of life forms contained in them, the thermal spring associated carbonate deposits are called 'abiogenic travertines', while those formed by cold-karstic waters, containing a wide variety of faunal and floral species, are classified as 'biogenic' (Weijermars et al., 1986).

The distribution of ostracode and algae species, as well as the climatic and hydrochemical conditions in three closely located travertine formations that developed in the Eastern Taurides, Turkey are described in some detail (Figure 1).

## MATERIAL AND METHODS

Ostracode samples were collected mainly from an unlithified or semi-lithified location along the Yerköprü I, II and III creeks running over the travertine (Figure 2A, B and C). Approximately 10 cm<sup>3</sup> of material was used to extract fossils. These samples were treated with 5% hydrogen peroxide for 5 hours; then sieved and washed with distilled water. After drying, the digested residues were sieved through a set of 1 mm, 0.5 mm and 0.25 mm sieves. Ostracode valves and carapaces were hand-picked from the residues under binocular microscope and transferred onto micropaleontological single slides, where each individual valve or carapace collected was attached in a different position (e.g. internal, external, dorsal, ventral etc.) on the multi-slides. After taxonomical classification, the valves and carapaces were reheated over an alcohol flame to remove impurities so that both the external and the internal parts could be seen in detail. The features of the valves and carapaces were studied

with a Leitz binocular microscope having a 25x or 50x magnification, and some other details (e.g., muscle scars, marginal pore canals, hinge area etc.) were observed with a 150x or higher magnification. All of the photographs were taken with a Scanning Electron Microscope (JEOL, JSM-5410 Type), having 70 and 140 magnifications (Plate 1-2).

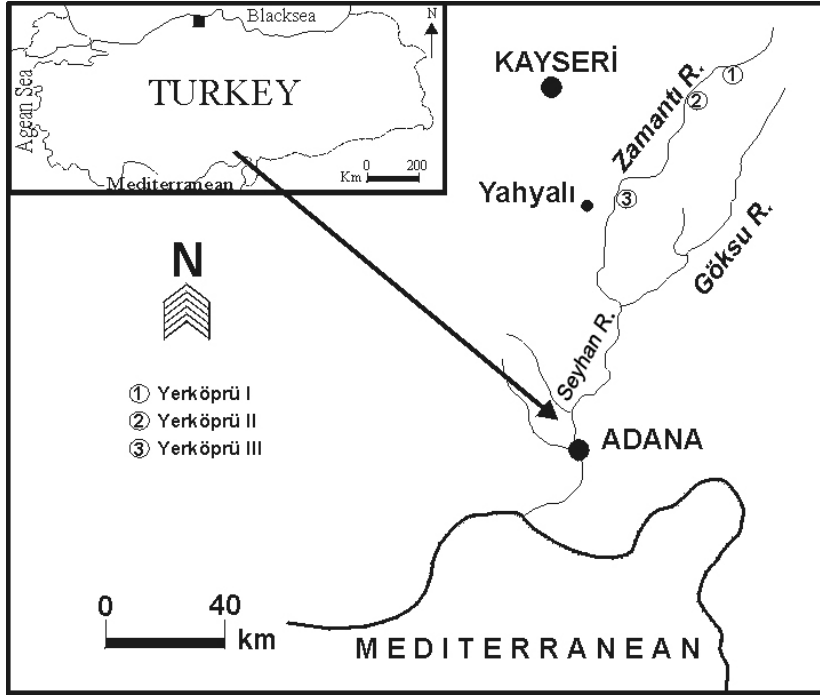
The hydrochemical data used in this study were collected via field measurements and laboratory analysis of water samples. The travertine sites were visited both in dry and wet periods to discover any physical and chemical variations that may occur in the travertine depositing waters. Measurements of physical and chemical variables were carried out at different locations along the travertine depositing creeks (Bayarı et al., 1995; Bayarı 2002). The pH measurements were taken by means of a calibrated digital pH meter (Table 1). Parallel measurements of dissolved oxygen, temperature and electrical conductivity were also made in situ. The alkalinity of the water samples was determined on-site by means of Gran's potentiometric titration method (Appelo and Postma, 1992). Water samples collected for laboratory analysis were filtered through 0.45 µm cellulose-acetate filter when cation samples were preserved by adding laboratory grade HNO<sub>3</sub> until the sample pH lowered to pH < 2. The water samples were analyzed in the laboratory according to the standard methods. Atomic absorption spectrometric techniques were used in the analysis of cations, while the chloride and sulfate were analyzed according to Argentometric and Barium Chloride spectrometric methods, respectively. All analyses were checked for electro-neutrality and found to be within the 5% error limit (Bayarı et al., 1995; Bayarı, 2002).

## **DESCRIPTION OF TRAVERTINE SITES**

The The travertines subject to this study are located along the lower part of the Zamanti River Basin in the Eastern Taurides, Turkey (Figure 1). Interestingly, these travertine deposits form natural bridges over the stream bed, with an average height of 15 m. To the authors' knowledge, the only other travertine formations of a similar size are in Mandalay, Burma (La Touche, 1906; Weijermars et al., 1986). Travertines which are currently being formed have been built up as a result of calcite precipitation from karstic springs discharging from the facing steep limestone walls of the stream bed. It is obvious that the travertine depositions have developed mostly in a horizontal direction, and since the karstic springs are located at the facing sides of gorge, the deposits that developed at each side have joined each other at some time in the past. Possibly, timbers which were squeezed in this part of the stream bed provided a basement for the first evolution of these bridge-like travertine formations.

Travertine forming springs discharge groundwater from the regional flow system, where it had been in contact with the aquifer for a long period of time and become super-saturated with calcite. Therefore, as soon as the groundwater with high carbon-dioxide content ( $\log P_{\text{CO}_2} = 10^{-1.5}$  atm) emerges and comes in contact with atmosphere ( $\log P_{\text{CO}_2} = 10^{-3.5}$  atm), in which the carbon-dioxide content is substantially lower, the hydrochemical system equilibrates with the atmosphere which causes travertine to precipitate, mostly in the form of calcite and/or low magnesian calcite (Bayarı et al., 1995; Bayarı, 2002). Because the travertines form natural bridges, they have been named Yerköprü (Turkish: earthen bridge), and numbered I, II and,

III starting from the one located most upstream. Yerköprü I, Yerköprü II and Yerköprü III travertine sites are located at elevations of 750 m, 700 m and 450 m respectively.



**Figure 1.** Location map of the study area.

*Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.*

## CLIMATE

The climate in the study area is Mediterranean, characterized by hot and dry summers and mild and rainy winters. The climate is mainly affected by air masses originating from the Mediterranean Sea and moving inland. The Zamantı River, which joins the Mediterranean Sea through the Göksu and Seyhan Rivers about 50 km to the south, provides an excellent air corridor through which warm coastal winds breeze over the travertine sites. The dominant type of precipitation is rainfall, with a long-term average of 800 mm/year. Snow, amounting to several centimeters, is rare and usually melts within one day. The mean annual temperature is about 18°C, whereas typical summer and winter temperatures

are around 10°C and 25°C, respectively. The length of daily insolation in summer time is about 14 hours, reducing to 10 hours in winter. Humidity does not show a substantial variation during the year and averages 85% during hot summer days, but humidities may reach 95%; intensive spring and autumn rainfalls occur frequently, and these cause overland flows which bring slope-wash material over the travertine sites. During the snow melt season, intensive rainfall over the mountainous part causes huge flood flows to occur. The Yerköprü II travertine site is covered with flood flows for several tens of hours every 26 to 30 years (Bayarı et al., 1995; Bayarı, 2002).

**Table 1.** Physical and chemical data from travertine-forming springs (after Bayarı, 2002).

**Çizelge 1.** Traverten oluşturan kaynaklara ait fiziksel ve kimyasal veriler (Bayarı, 2002'den).

Travertine Site	pH	T(°C)	EC	DO	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	ALK	TDS	SICc	SIDo	SIGy
Yerköprü-1	7.549	13.8	320.0	8.5	2.078	0.511	0.749	0.257	1.000	0.369	4.800	479.1	+0.29	-0.05	-1.93
Yerköprü-2	7.594	13.6	335.0	8.0	2.133	0.527	0.570	0.247	0.740	0.337	4.959	481.3	+0.35	+0.08	-1.96
Yerköprü-3	7.670	15.0	455.0	7.4	2.838	0.416	1.109	0.060	1.320	0.489	5.370	573.1	+0.58	+0.33	-1.73

Note: Concentrations are in mmol/l unit. DO and TDS are in mg/l. EC is in  $\mu$ S/cm. DO: Dissolved oxygen; SI: Saturation index = log (ion activity product / solubility product); Cc: Calcite, Do: Dolomite, Gy: Gypsum

## HYDROCHEMISTRY OF TRAVERTINE FORMING SPRINGS AND CREEKS

The physical and chemical properties (Table 1) of karstic springs and the streams originating from them have also been determined (Bayarı and Denizman, 1993; Bayarı et al., 1995; Bayarı, 2002).

## SYSTEMATICS OF OSTRACODA COMMUNITIES AND PALEO-ENVIRONMENTAL EVALUATION

Besides many other aquatic environments, ostracode species also occur in the flowing waters from which, usually, the tufas and travertines are formed as a result of biogenic and/or inorganic processes (Pedley, 1987, 1990; Pentecost and Lord, 1988). Furthermore, travertines and tufas provide an excellent medium in which fossils are well preserved. As travertine forming waters are supersaturated with respect to calcite, the hydrochemical conditions

favor the preservation by preventing secondary dissolution of valves by acidic waters.

Ten species of Ostracoda belonging to nine genera have been identified from the Yerköprü II and Yerköprü III travertine sites. Samples from Yerköprü I were found to be sterile (Figure 2). All identified Ostracoda are characteristic of freshwater habitats. The classifications according to Harthmann and Puri (1974) and Meisch (2000) are given below:

- Subphylum Crustacea Pennant, 1777**
- Class Ostracoda Latreille, 1806**
- Subclass Podocopa Mueller, 1894**
- Order Podocopida Sars, 1866**
- Suborder Podocopina, Sars, 1866**
- Superfamily Cypridoidea s. str. Baird, 1845**
- Family Candonidae Kaufmann, 1900**
- Subfamily Candoninae Kaufmann, 1900**

**PLATE 1**

Figure 1, 2. *Limnocythere inopinata* (Baird, 1843)

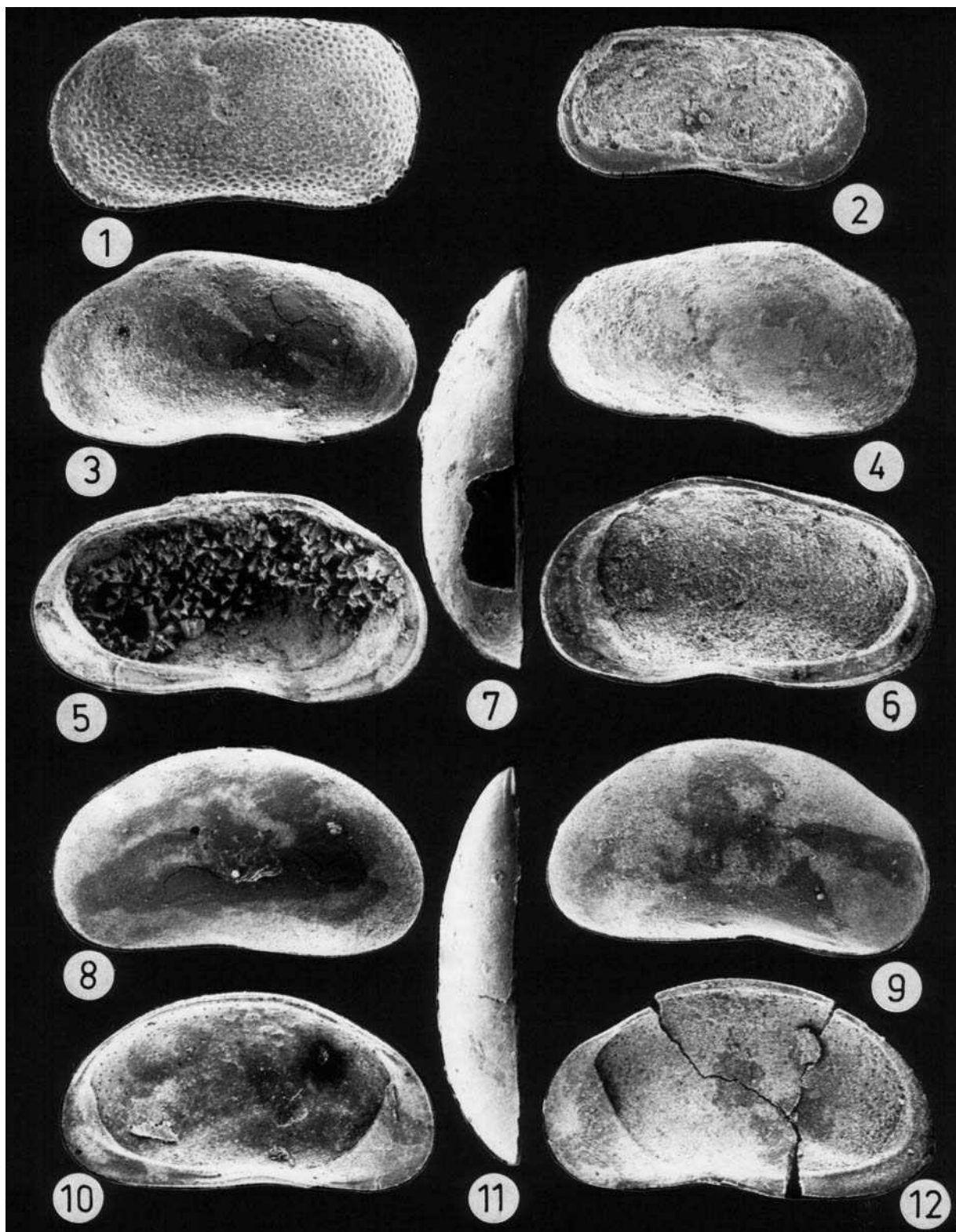
1. Left valve, external view. x120
2. Left valve, internal view. x95

Figure 3-7. *Eucyprinotus rostratus* (Sywula, 1965)

3. Left valve, external view. x80
4. Right valve, external view. x80
5. Left valve, internal view. x80
6. Right valve, internal view. x80
7. Left valve, dorsal view. x80

Figure 8-12. *Psychrodromus olivaceus* (Brady & Norman, 1889)

8. Left valve, external view. x70
9. Right valve, external view. x75
10. Left valve, internal view. x70
11. Left valve, dorsal view. x80
12. Right valve, internal view. x75



**PLATE 2**

Figure 1-4. *Psychrodromus* sp. 1

1. Left valve, internal view. x120
2. Left valve, external view. x120
3. Right valve, internal view. x120
4. Right valve, external view. x70

Figure 5, 6. *Scottia pseudobrowniana* Kempf, 1971

5. Right valve, external view. x130
6. Left valve, external view. x120

Figure 7-11. *Potamocypris fallax* Fox, 1967

7. Right valve, external view. x85
8. Left valve, external view. x85
9. Left valve, dorsal view. x85
10. Left valve, internal view. x120
11. Right valve, internal view. x110

Figure 12. *Trajancypris* sp. 1

Left valve, external view. x95

Figure 13. *Candona neglecta* Sars, 1887

Right valve, external view. x95

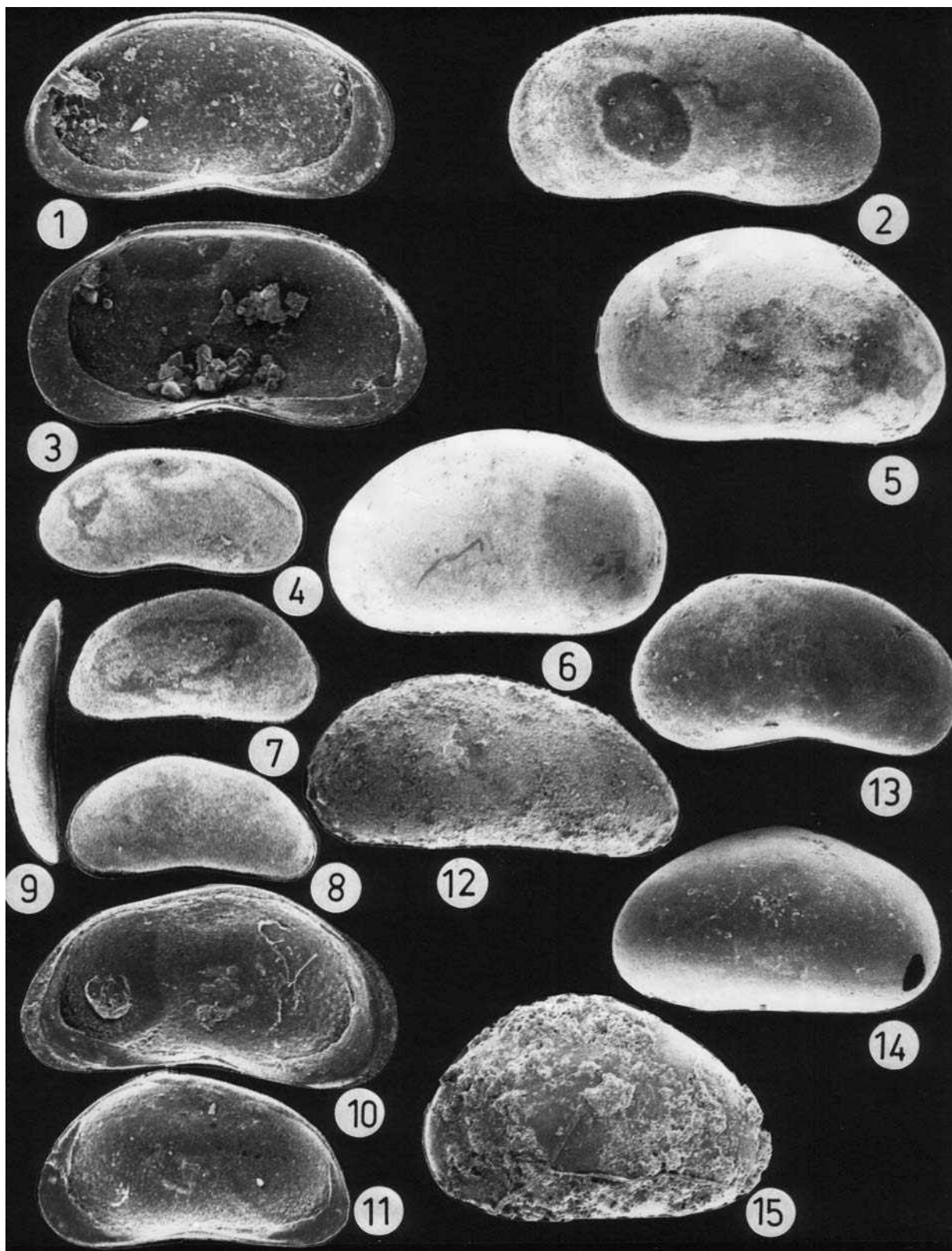
Figure 14. *Heterocypris barbara* (Gauthier & Brehm, 1928)

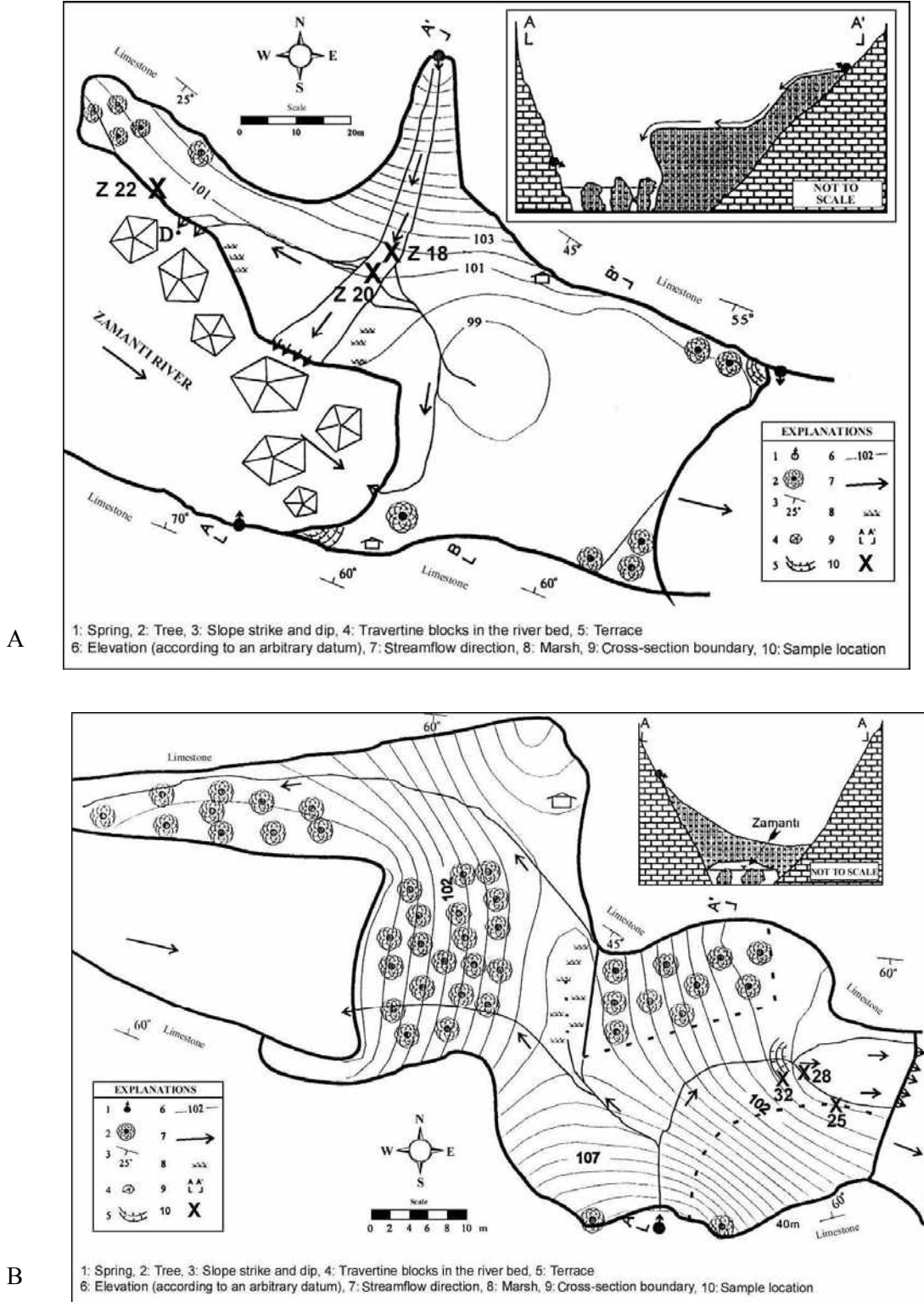
Left valve, external view. x140

Figure 15. *Cypridopsis* sp. 1

Left valve, external view. x80







**Figure 2.** Geological and morphological maps of the travertine sites and sample locations. **A.** Yerköprü I travertine sites, **B.** Yerköprü II travertine sites

**Şekil 2.** Traverten alanlarının jeolojik ve morfolojik haritası ve örnekleme noktaları. **A.** Yerköprü I traverten alanı **B.** Yerköprü II traverten alanı

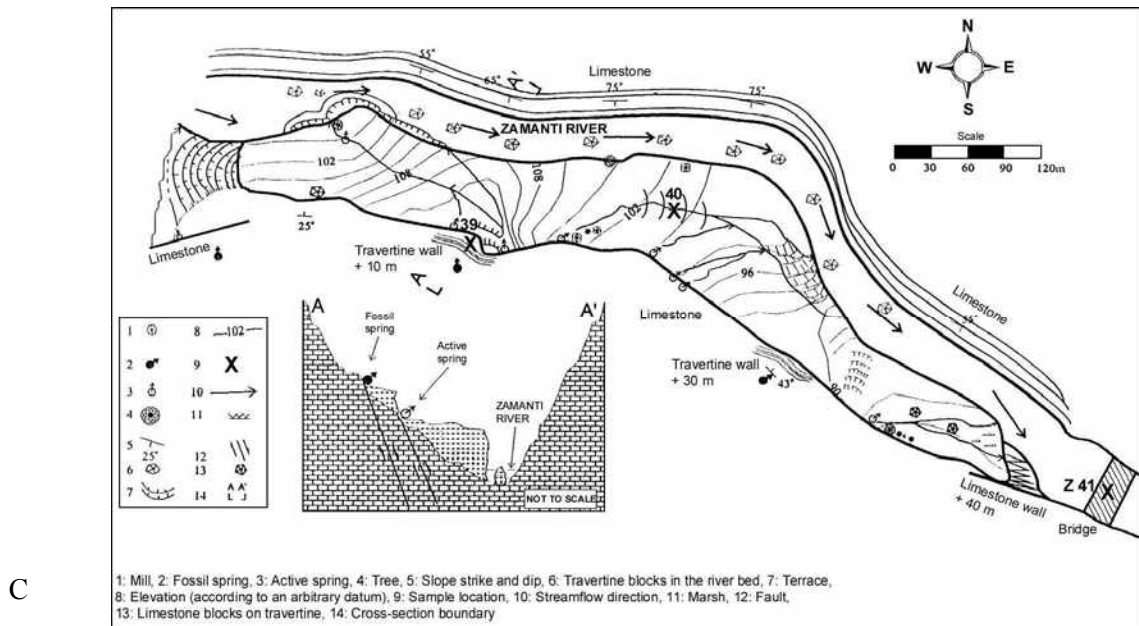


Figure 2. (Continued) C. Yerköprü III travertine sites.

Şekil 2. (Devamı) C. Yerköprü III traverten alanı

Genus *Limnocythere* Brady, 1868

*Limnocythere inopinata* (Baird, 1843)

Pl. 1 Figs. 1, 2

1843 *Limnocythere inopinata* Baird, Zoologist 1: 195.

1995 *Limnocythere inopinata* Baird, Griffiths, p. 15-17.

2000 *Limnocythere inopinata* Baird, Meisch, p. 427-432, figs. 175, 176.

2005 *Limnocythere inopinata* Baird, Scharf et al., pl. 2, figs. 29, 30.

**Geographic and paleogeographic distribution:** Austria, Croatia, the Czech Republic, Denmark, France, Germany, Hungary, Ireland, Italy, Netherland, Poland, the Slovak

Republic, Sweden, Switzerland, Former Yugoslavia (Serbia) and the United Kingdom (cf. Meisch, 2000), Belarus (Nagorskaya & Keyser, 2005), Turkey (Külköylüoğlu, 2005; Külköylüoğlu and Dügel, 2004; Yılmaz and Külköylüoğlu, 2006).

**General stratigraphic level:** Pleistocene-Holocene (cf. Meisch, 2000)

**Locality and stratigraphic level in this study:** Yerköprü II, sample number: 28, 25; Yerköprü III, sample number: 39, Holocene-Recent.

**Family** Cyprididae Baird, 1845

**Subfamily** Eucypridinae Bronshtein, 1947

Genus *Trajancypris* Martens, 1989

*Trajancypris* sp. 1

Pl. 2 Fig. 12





2000 *Heterocypris barbara* Gauthier & Brehm, Meisch, Freshwater Ostracoda, s. 352-353, Fig. 147.

**Geographic and paleogeographic distribution:** Widely distributed in the circum Mediterranean area. Recorded from Hungary, Germany, Algeria, Tunisia, Morocco, Poland, Spain, the Czech Republic (cf. Meisch, 2000).

**General stratigraphic level:** Recent (Meisch, 2000).

**Locality and stratigraphic level in this study:** Yerköprü II (sample number: 28) and Yerköprü III (sample number: 41) travertine sites, Holocene-Recent.

#### **Subfamily Cypridopsinae Kaufmann, 1900**

Genus *Potamocypris* Brady, 1870

*Potamocypris fallax* (Fox, 1967)

Pl. 2 Figs. 7-11

1967 *Potamocypris fallax* Fox, J. Nat. Hist. 4: 555, fig. 5b-d, g.

1984 *Potamocypris fallax* Fox, Meisch, p. 39-42, figs. 12,13

1995 *Potamocypris fallax* Fox, Griffiths, p. 72, 73.

2000 *Potamocypris fallax* Fox, Meisch, s. 406, 407, fig. 167.

**Geographic and paleogeographic distribution:** *P. fallax* is known from the United Kingdom, Scotland, Poland, Russia, Germany, Slovenia and Turkey (Meisch, 1984; cf. Meisch, 2000). Also this species is reported from Spain,

the Czech Republic, Ireland and Bulgaria (Griffiths, 1995). The species mostly inhabits springs and waters flowing from springs. Besides, fossil specimens of *P. fallax* have been recorded from Quaternary (Late and Post glacial) sediments in Russia and Germany (Meisch, 1984).

**General stratigraphic level:** Middle Pleistocene-Holocene (Meisch, 2000)

**Locality and stratigraphic level in this study:** Yerköprü II (sample number: 25, 28) and Yerköprü III (sample number: 40, 41) travertine sites, Holocene-Recent.

#### **ENVIRONMENTAL INTERPRETATION**

All ostracode species identified from travertine samples are benthic, bottom-dwellers. Three of them (i.e. *Eucyprinotus*, *Potamocypris*, *Psychrodromus*) are mobile and crawl over substratum. It seems that the ostracode species in the Yerköprü travertines lived mostly in the low-energy parts of the streams where the thalweg slope is relatively gentle and the flow velocity is slow compared to the cascading parts.

It can be argued that the existence of similar species in European countries (cf. Meisch, 2000), Israel (Martens et al., 1992) and in Turkey is due to the indirect transportation of ostracode species by birds migrating between Europe and Africa (Figure 3, Erdem, 1994, 1995). The region where the studied travertines are located is at the junction of different bird migration routes (Figure 3). The migration routes from Europe, Southern Russia, the Black Sea and Caucasus cross over at a distance of 40 km to the north of the study area and turn into a single route which goes to Africa via Egypt

(Erdem, 1994, 1995). The Sultansazlığı shallow lake which is located 40 km to the northwest of the travertine sites, is among the major stop-over sites for the migrating birds (Erdem, 1994,

1995). Therefore, the travertine sites are assumed to have been visited by these birds during migration periods, although no such event has been observed during field studies

#### OTHER MICROFAUNAL AND FLORAL COMMUNITY

##### IMPORTANT BIRD MIGRATION ROUTES IN WEST PALEARCTIC REGION

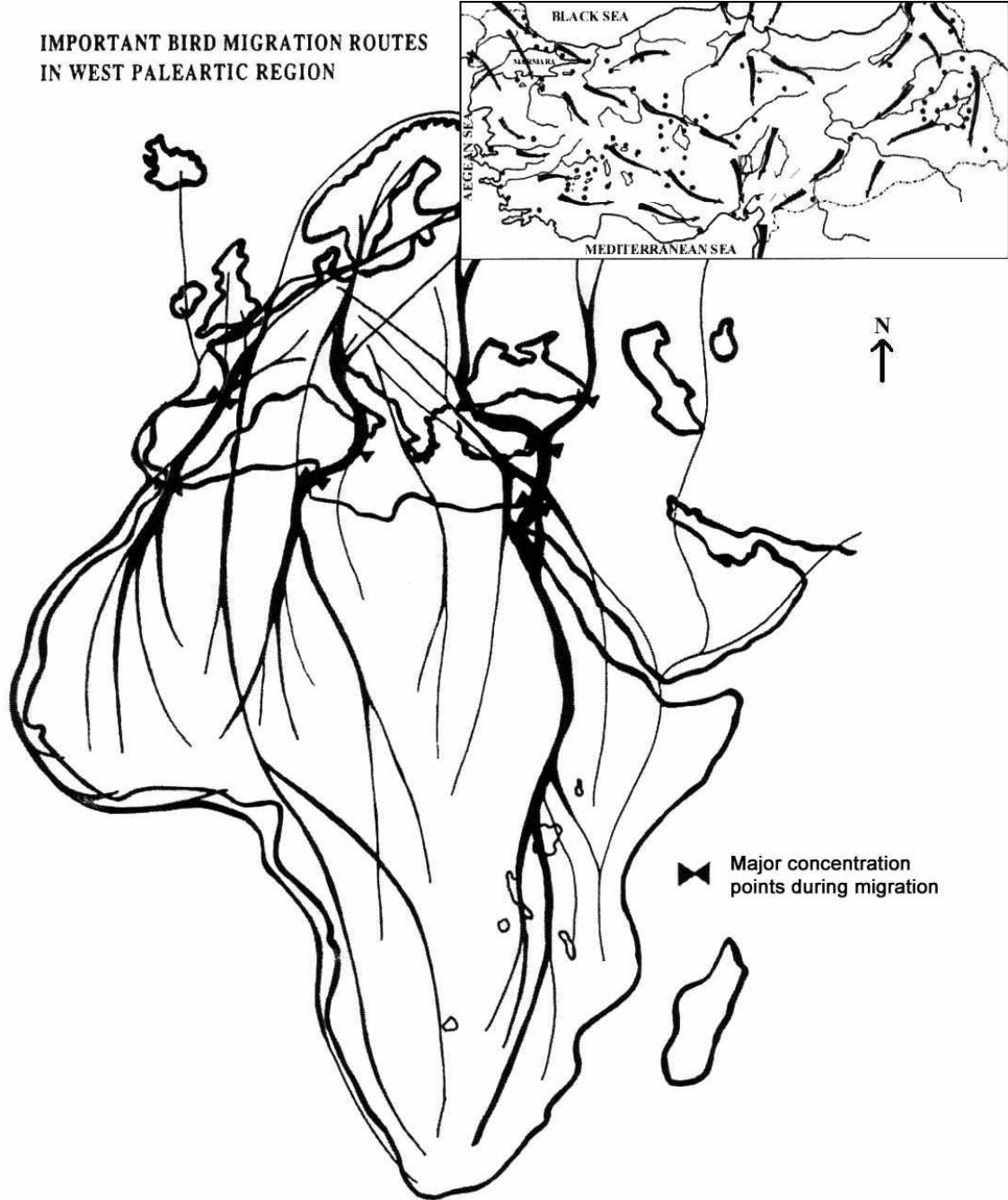


Figure 3. Bird Migration routes over Turkey (Erdem, 1994,1995. Autumn migration).

Şekil 3. Türkiye göçmen kuşları göç yolları (Erdem, 1994,1995. Sonbahar göçü).

Algae live mostly and are abundant in all carbon-dioxide rich terrestrial waters. Many karstic springs having high carbon-dioxide contents (over  $\log P_{CO_2} = 10^{-2}$  atm) are rich in algal flora. Most of the algae identified belong to the classes *Cyanophyceae* (blue-green algae), *Chlorophyceae* (green algae) and *Bacillariophyceae* (diatoms). One species, from the *Euglenophyceae* and *Xanthophyceae* classes, were also identified. Due to the problems which arose in sample preservation, only four genera could be identified to species level (*Lyngbya incrustatum*, *Nostoc verrucosum*, *Cocceneis placentula* and *Meridon circulare*). Among the algae identified in travertine sites, blue-green algae *Oscillatoria* sp., *N. verrucosum*, green algae *Cladophora* sp., diatoms *Cocceneis placentula*, *Cymbella* sp., *Diatoma* sp., *Gomphonema* sp., *Mastoglia* sp., *M. circulare*, *Navicula* sp., *Xanthophyceae* sp., and *Vaucheria* sp. (determined by Dr. Haluk Soran) were found to be very abundant. Most of the algal species identified in travertine sites are of a filamentous and siphonaceous morphology.

#### GENERAL GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF OSTRACODE IN THIS STUDY

The study of three travertine sites located in the Eastern Taurides, Southern Turkey has revealed that these sites are inhabited by Ostracoda and algal species which are also observed in similar sites elsewhere in the world where similar environmental conditions prevail. Ten Ostracoda species of nine genera that have been identified

from the travertine sites have also been reported in some European countries and Israel (cf.

Meisch, 2000). Possibly this implies that these species might have been transported by migrating birds (Erdem, 1994) which stop over in aquatic sites distributed along the migration route.

The climate dominating over the travertine sites is of a Mediterranean type, and this mild climate provokes both faunal and floral life. Due to intensive rainfalls and groundwater flow, the travertine sites are always kept wet.

Water is mainly supplied to the travertine sites via karstic springs which discharge unpolluted natural water with a substantial carbon-dioxide content. Together with the mild climate, the high carbon-dioxide content of travertine-forming creeks seems to be one of the major factors that provoke algal life.

*E. rostratus* has been previously reported to exist in Mammila Pool, Israel (Martens et al., 1992). *Potomocypris* and related species are known to inhabit streams and ponds with alkaline waters having a pH ranging between 7-9 (Dolerio, 1990). The *Potomocypris* species are known to inhabit similar environmental conditions in England, Belgium, Poland, Hungary and France (Griffiths et al., 1993). Roca and Balton's (1993) studies of springs in the Spanish Pyrenees indicated that *P. olivaceous* and a species are characteristic of cool, solute-rich waters. These environments have also been reported to have no substantial annual climatic variations. Griffith et al. (1993) states that *P. olivaceous* seems to dominate in the lowlands of South Wales. *P. olivaceous* is



also the dominant species in the travertines investigated. *P. olivaceous*, *Potamocypris fallax* and *L. inopinata* has been observed by Özuluğ (2005) in some dams in the Istranca Region of Thrace (NW of Turkey).

It can be argued that the existence of similar species in European countries and in Turkey is due to the migration of birds. The area where the studied travertines are located is at the junction of different bird migration routes. The migration routes from Europe, Southern Russia, the Black Sea and Caucasus crosses over the study area and turn into a single route which going to Africa via Egypt.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to extend their sincere thanks to TÜBİTAK (the Scientific and Technical Research Council of Turkey) for providing financial support to this study. Thanks are also due Dr. Aydın Akbulut (H.Ü) and Dr. Haluk Soran (H.Ü) for algal species identifications. Dr. Allan Pentecost's (King's College, London) cross-check on algal species has also been gratefully acknowledged.

#### GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

*Zamantı Irmağı üzerinde yer alan karstik traverten çökellerinde yarı güncel ostrakod topluluğunun varlığı tespit edilmiştir. 3 familyaya ait 8 cins ile ilgili, 7 bilinen tür ve isimlendirmeye açık 3 tatlısu ostrakod taksonu olmak üzere toplam 10 ayrı takson tanımlanmıştır. Saptanan ostrakodlar: Limnocythere inopinata, Eucyprinotus rostratus, Psychodromus olivaceous, Scottia pseudobrowniana, Potamocypris fallax, Candona neglecta, Psychodromus sp.,*

*Trajancypris sp. Heterocypris barbara ve Cypridopsis sp. dir). Zamantı Irmağı üzerinde birbirine yakın 3 ayrı traverten oluşum noktalarından derlenen traverten örneklerinden elde edilen ostrakod faunası sistematik olarak tanımlanmış ve travertenleri oluşturan kaynak suların kimyasal ve fiziksel özellikleri ve diğer fauna ve flora topluluğu ile birlikte değerlendirilerek ortamsal yoruma gidilmiştir. Ayrıntılı güncel iklimsel ve hidrokimyasal koşullar ortaya konulduğunda ortamsal şartların ifade bulduğu koşullar içinde Ostrakoda faunası ile diatome (Bacillariophyceae), yeşil alg (Chlorophyceae) ve mavi-yeşil alg (Cyanophyceae) flora topluluğu baskın durumdadır. Kaynaktaki yüksek karbondioksit içeriği de ortamda alg topluluğunun gelişimini desteklemektedir. Söz konusu alandaki ostrakodların varlığı, gerek Avrupa ve gerekse Ortadoğudaki dağılımı ve yayılımı göz önüne alındığında, Zamantı Irmağının bulunduğu bölgenin Türkiye üzerinden gerçekleşen ana kuş göç yolu üzerinde bulunması nedeni ile ostrakodların bu bölgeye kuşlar aracılığı ile taşındığı düşüncesini getirmektedir.*

#### REFERENCES

- Appelo, C. A. J. ve Postma, D. 1992. Geochemistry, Groundwater and Pollution, Publication of Universiteit, Amsterdam, 549 s.
- Ayhan, A. 1988. Geological Map of Turkey Series, Kozan J-21 Plate. MTA Publication, Ankara, 12 s.
- APHA, AWWA, WPCF. 1989. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA Publication, 1015th Street, N.W. Washington D.C. 2005.
- Baird, W. 1843. Notes on the British Entomostraca. Zoologist, 1, 193-197.

- Baird, W. 1845. Arrangement of British Entomostraca, with a list of species, particularly noticing those which have as yet been discovered within the bounds of the Club. Berwickshire Nat. Club (Hist.) Proc., 2.
- Bayarı, C. S. 1991. Karst Hydrogeologic Investigation of the Lower Zamantı Basin (Aladağlar). Ph.D. Thesis, Hacettepe University, Institute of Pure and Applied Sciences, 164 s (in Turkish, unpublished).
- Bayarı, C. S. 2002. A Rare Landform: Yerköprü Trevertine Bridges in the Taurids Karst Range, Turkey. Earth Surface Processes and Landforms, 27, 577-590.
- Bayarı, C. S. ve Denizman, C. 1993. Preliminary Hydrogeologic Evaluation of the Travertine-Depositing Karstic Springs in the Lower Zamantı Basin, Eastern Taurids, Turkey. Geosound (Bull. of Depts. of Geological and Mining Engineering, Çukurova University), 22, 95-110 (in Turkish with English abstract).
- Bayarı, C. S. ve Günay, G. 1994. Combined Use of Environmental Isotopic and Hydrochemical Data in Differentiation of Groundwater Flow Patterns Through the Aladağ Karstic Aquifer-Turkey. Application of Tracers in Arid zone Hydrology, First International Symposium on Tracing, 22-26 August 1994, Vienna, IAHS Publication No, 232, 99-117.
- Bayarı, C. S. ve Kurttaş, T. 1995. Geochemistry of Regional Groundwater Flow in the Aladağ Karstic Aquifer, Eastern Taurids-Turkey. Effect of Flow Conditions. DOĞA Turkish Journal of Earth Sciences, 4, 29-37.
- Bayarı, C. S., Kurttaş, T., Temel, A., Tezcan, L., Ekmekçi, M. ve Tunoğlu, C. 1995. Hydrochemical and geochemical investigation of the Karstic Travertine deposits in Lower Zamantı Basin, Final Report Project YBAG-108, Turkish Scientific and Technical Research Council, Ankara, 121 s (in Turkish, unpublished).
- Beker, K. 2002. Biostratigraphy and chronostratigraphic investigation of ostracode association of İnsuyu limestone (Karapınar/Konya). Hacettepe University, Institute of Science, MSc Thesis (in Turkish), 94 s (in Turkish with English abstract, unpublished).
- Eldescu, S. 1961. *Heterocypris rostrata* n.sp. Din apele periodice din jurul Brailei. Comunicările Academiei Republicii Populare Romine, 11(8), 939-943.
- Brady, G. S. 1868. A monograph of the Recent British Ostracoda. Transactions of the Linnean Society of London, 26 (2), 353-495.
- Brady, G. S. 1870. Notes on Entomostraca taken chifley in the Northumberland and Durham District (1869). Natural History Transactions of Northumberland and Durham 3 (1868-1870), 361-373.
- Bronshstein, Z. S. 1947. Faune de l'URSS. Crustaces, vol. 2, numero 1: Ostracodes des eaux douces. Zoologicheskii Institut Akademii Nauk SSSR, n.s. 31: 1-339.
- Chafetz, H. S. ve Folk, R. L. 1984. Travertines, Depositional Morphology and the Bacterially Constructed Constituents. Journal of Sedimentary Petrology, 54(1), 289-316.
- Claus, C. 1893. Beiträge zur Kenntnis der Süswasser-Ostracoden. Arb. Zool. Inst. Univ. Wien, Zool. Sta. Triest, 10 (2), 147-216.
- Danielopol D. L. ve Mc Kenzie K. G. 1977. *Psychrodromus* gen. n. (Crustacea, Ostracoda), with redescrptions of the cypridid genera *Prionocypris* and *Ilyodromus*. Zoologica Scripta, 6, 301-322.
- Delorme, L. D. 1989. Methods in Quaternary Ecology, 7. Freshwater Ostracodes. Geoscience Canada, 16(2), 85-90.
- Diebel, K. ve Pietrzeniuk, E. 1975. Ostracoden aus dem Holozänen Travertin von Bad Langensalza. Quartärpaläontologie, 1, 27-55.

- Diebel, K. ve Pietrzeniuk, E. 1978. Die Ostrakodenfauna des eminterglazialen Travertins von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie*, 3, 87-91.
- Emeis, K. C., Richnow, H. H. ve Kempe, S. 1987. Travertine Formation in Plitvice national Park, Chemical versus biological control. *Sedimentology*, 34, 595-610.
- Erdem, O. 1994. Important of wetlands and A class wetlands of Turkey, Bird paradises of Turkey. Green Series, 4, Ministry of Environment of Turkey, 104 s.
- Erdem, O. 1995. Turkey's Bird Paradises. Republic of Turkey. Ministry of Environment, General Directorate of Environmental Protection, Green Series, 5, 114 s.
- Fox, H. M. 1967. Les Ostracodes d'eau douce des environs d'Arcachon. *Bulletin de Société zoologique de France*, 91, 773-779.
- Gauthier, H. ve Brehm V. 1928. Ostracodes et Cladoceres de A'lgerie et de la Tunisie. *Bull. Soc. Hist. Nat. De l'Afrique du Nord*, 19, 114-121.
- Griffiths, H. I. 1995. European Quaternary Freshwater Ostracoda: a Biostratigraphic and Paleobiogeographic Primer, Scopolia. *Museum Historiae Naturalis Sloveniae*, 34, 1-168
- Griffiths, H. I. ve Branceli, A. 1996. preliminary list of freshwater Ostracoda (Crustacea) from Slovenia. *Annales (Annals for Istrian and Mediterranean Studies)*, 9/96, 201-210.
- Griffiths, H. I. ve Evans, J. G. 1991. Some freshwater ostracods (Crustacea) from Southwales. *Freshwater Forum*, 1, 64-72.
- Griffiths, H. I. ve Evans, J. G. 1995. The Late glacial and Early Holocene colonisation of the British Isles by freshwater ostracods. *Ostracoda and Biostratigraphy*, Riha (Ed.) Balkema, Rotterdam.
- Griffiths, H. I., Pilidge, K. E., Hill, C. T. Y., Evans, J. G. ve Learner, M. A. 1993. Ostracod distribution in calcareous coastal stream: implications for the interpretation of Holocene Tufas and Travertines. 2<sup>nd</sup> European Ost. Meeting, 23-27 July 1993, Univ. of Glasgow, Scotland, 109-121.
- Hartmann, G. ve Puri, H. 1974. Summary of Neontological and Paleontological Classification of Ostracoda. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 70, 7-73.
- Horne, D. J., Cohen, A. ve Martens, K. 2002. Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda. The ostracoda: Applications in Quaternary Research Geophysical Monograph. 131, 5-36.
- Horne, D. J. ve Martens, K. 1999. Geographical parthenogenesis in European non-marine ostracods: post-glacial invasion or Holocene stability. *Hydrobiologia*, 391, 1-7
- Kaufmann, A. 1900. Über zwei neue Candona-Arten aus der Schweiz. (Varlaufige Mittheilung.). *Zool Anz., Leipzig*, 23, 608: 108-110.
- Kempf, E. K. 1971. Ökologie, taxonomie und Verbreitung der nichtmarinen Ostracoden Gattung *Scottia* im Quartär von Europa. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 22, 43-63.
- Klei, W. 1938. Ostracoden aus dem Grundwasser der oberrheini-schen Tiefebene. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Abt. B (Archiv für Naturgeschichte, N. F)* 7: 1-28.
- Külköylüoğlu, O. 2005. Ecology and phenology of freshwater ostracods in Lake Gököy (Bolu, Turkey), *Aquatic Ecology*, 39, 295-304.
- Külköylüoğlu, O., Dügel, M. 2004. Ecology and spatiotemporal patterns of Ostracoda (Crustacea) from Lake Gölçük (Bolu, Turkey), *Arch. Hydrobiol.*, 160,1, 67-83.
- Külköylüoğlu, O., Dügel, M., Kılıç, M. 2007. Ecological requirements of Ostracoda (Crustacea) I a heavily polluted shallow

- lake, Lake Yeniçağa (Bolu, Turkey), *Hydrobiologia*, 585, 119-133.
- Külköylüoğlu, O. and Yılmaz, F. 2006. Ecological requirement of Ostracoda (Crustacea) in three types of spring in Turkey, *Limnologica*, 36, 172-180.
- La Touche, I. D. 1906. Note on the Natural Bridge in Gokteik Gorge. Records Geological Survey of India, 39, 325-9.
- Martens, K., 1989. On the systematic position of the *Eucypris clavata*- group, with a description of *Trajancypris* gen. nov. (Crustacea, Ostracoda), *Arch Hydrobiol/Suppl.* 83, 2, 227-251.
- Martens, K., Ortal, R. ve Meisch, C. 1992. The ostracod fauna of Mammilia Pool (Jerusalem, Israel)(Crustacea, Ostracoda). *Zoology in the Middle East, Crustacea*, 7, 95-114.
- Meisch, C. 1984. III Revision of the Recent Western Europe Species of Genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda), Part 1, Species with short swimming setae on the second antennae. *Travaux Scientifiques du Musée D'Histoire Naturelle de Luxembourg*, 55 s.
- Meisch, C. 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*, 8/3, Spektrum Akademischer Verlag, Gustav Fischer, 522 s.
- Mueller, G. W. 1894. Die Ostracoden des Golfes von Neapel, *Fauna und Flora des Golfes von Neapel*, vol. 21.
- Nagorskaya, L. & Keyser, D. 2005. Habitat diversity and ostracod distribution patterns in Belarus. *Evolution and Diversity of Ostracoda*. Ikeya N., Tsukagoshi, A. ve Horne, D.J. (eds.), *Hydrobiologia*, 538, 167-178.
- Özuluğ, O. 2005. The Ostracod (Crustacea) Fauna of Istanca Region and the effect of dams on the Ostracoda assemblages, 15<sup>th</sup> International Symposium on Ostracoda, Freie Universität Berlin, September 12-15, Program and Abstracts (Eds: Kohring R., Sames, B.), *Berliner palaobiologische abhandlungen, Band 6*, p.89.
- Pedley, H. M. 1987. The Flandrian (Quaternary) Caerwys tufa, North Wales: An ancient barrage tufa deposits. *Proc. Yorks. Geol. Soc.* 46, 141-152.
- Pedley, H. M. 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sedimentary Geology*, 68, 143-154.
- Pentecost, A. 1990. The Algal Flora of Tarverine, An overview. In (Herman, J. S. ve Hubbard, D. A. (eds), *Travertine-marl, Stream Deposits in Virginia*, Virginia Div. of Mineral Resources, Publ. No. 101, Charlottesville, Virginia, 184 s.
- Pentecost, A. ve Lord, T. 1988. Postglacial tufas and travertines from the Craven District of Yorkshire. *Cave Sci.* 15, 15-19.
- Pietrzeniuk, E. 1977. Ostracoden aus Thermokarstseen und Altwässern in Zentral-Jakutien. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin*, 53(2), 331-364.
- Roca, J. R. ve Baltanas, A. 1993. Ecology and distribution of ostracodas (Crustacea, Ostracoda) in Pyrenean springs. *J. Crustacean Biol.* 13, 165-174.
- Sarı-Karakaş, P. and Külköylüoğlu, O. 2007. Comparative ecology of Ostracoda (Crustacea) in two rheocene springs (Bolu Turkey), *The Ecological Society of Japan, Ecol. Res.* (DOI 10.1007/5 11284-007-0444-2).
- Sars, G.O. 1866. Oversigt af Norges marine ostracoder. *Förhandl Vidensk Selskab Christiania.* 7, 1-130.
- Sars, G.O. 1887. Nye bidrag til kundskaben om Middelhavets invertebratfauna. IV. Ostracoda Mediterranea, *Arch Math. Naturw.*, 12, 173-324.

- Scharf, B.W., Bittmann, F., Boetger, T., 2005. Freshwater ostracods (Crustacea) from the Lateglacial site at Miesenheim, Germany, and temperature reconstruction during the Meindorf Interstadial, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225, 203-215.
- Sywula, T. 1965. Notes on Ostracoda I. On some Polish species, *Bull. de l'Academie Polonaise des Sciences*, Cl.II, 13 (11,12), 647-652.
- Sywula, T. 1972. Notes on Ostracoda, parts VII-X. *Bulletin de la Société des Amis des Sciences et des Lettres de Poznan, série D/12/13*, 25-250.
- Sywula, T. 1992. The population genetics of the ostracode *Cyprinotus incongruens* on the basis of esterase markers. *Biochemical Systematics and Ecology*, 20 (8), 735-746.
- Viles, H. A. and Goudie, A. S. 1990. Tufas, Travertines and Allied Carbonate Deposits. *Prog. Phys. Geogr.* 14, 19-41.
- Weijermars, R., Murder-Blanken, C. W. ve Wieggers, J. 1986. Growth Rate Observations from the Moss-Built checa Travertine Terrace, central Spain. *Geol. Mag.* 123, 279-286.
- Wouters, K. 1983. Contributions to the study of Belgian Ostracoda, 1. The Ostracoda from the environs of Buzenol (Gaume District, Belgium). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie*, 55, 4, 1-9.
- Yılmaz, F., Külköylüoğlu, O. 2006. Tolerance, optimum ranges, and ecological requirements of freshwater Ostracoda (Crustacea) in Lake Aladağ (Bolu, Turkey), *The Ecological Society of Japan, Ecol. Res.*, 21, 165-173. §
- 
- Makale Geliş Tarihi : 06 Mayıs 2008  
Kabul Tarihi : 08 Eylül 2008
- Received* : May 06, 2008  
*Accepted* : September 08, 2008

# TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Aralık 2008 Cilt 51 Sayı 3  
December 2008 Volume 51 Number 3

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

### APAYDINA.

**Çavuşköy Alüvyon Akiferinde (Sungurlu-Çorum) Yeraltısuyunun Kalitesi ve Sulamada Kullanılabilirliği** *Groundwater Quality and Usability for Irrigation in the Çavuşköy Alluvium Aquifer (Sungurlu-Çorum)*.....115

### SAYDAM EKER Ç.

**Gümüşhane Bölgesindeki Eosen Kumtaşlarının Sedimanter Petrografisi ve Levha Tektoniği Ölçekli Provenansına Bir Yaklaşım**  
*Sedimanter Petrographic Properties of Eocene Sandstones and an Approach to Provenance According to Plate Tectonics in the Gümüşhane Region*.....131

### TUNOĞLU C., ERTEKİN İ.K.

**Subrecent Ostracoda Associations and the Environmental Conditions of Karstic Travertine Bridges on the Zamantı River, Southern Turkey**  
*Zamantı Irmağı Üzerinde Yer Alan Karstic Travertentelerde Yarı-Güncel Ostrakod Topluluğu ve Ortamsal Özellikleri, Güney Türkiye*.....151

### Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM Veri tabanlarında yer almaktadır.

### *Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:*

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBIM Database*

### Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel: (312) 434 36 01  
Faks: (312) 434 23 88  
E-posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

### Correspondence Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey  
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara  
Phone: +90 312 434 36 01  
Fax: +90 312 434 23 88  
E-Mail: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr