



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.

Özellikle yeraltısuyu tuzluluğu salt kimyasal bir olay olmayıp, jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik bakış açısının birlikte ele alındığı, tuzluluğun kaynağı ile alansal ve düşey yöndeki değişiminin değişik tekniklerle araştırıldığı ve ortaya konduğu çalışmaları gerektirmektedir.

Bu çalışmada, Çorum'un Sungurlu ilçesine bağlı Çavuşköy akiferinde yapılan jeolojik, jeofizik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve tarımsal çalışmalardan elde edilen veriler ışığında tuzluluğun nedenleri ve boyutları ile kuyulardan elde edilen yeraltısularının kalitesi ve sulamada kullanılabilirliği tartışılmaktadır. Proje alanında yapılan hidrojeolojik çalışmalar sonucunda DSİ tarafından açılan kuyulardan 2003 yılında alınan ve tuzluluğun boyutları ile dağılımını araştırmak amacıyla 2004 yılında yeniden alınan su örneklerinden elde edilen kimyasal analiz sonuçları, grafikler ve literatürdeki sınıflamalar yardımı ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, bazı kuyulardan alınan iletkenlik ve sıcaklık logları jeolojik-hidrojeolojik yapı ile birlikte yorumlanarak tuzluluğun kaynağı, akiferdeki dağılımı ve boyutları ile sulamaya uygunluğu literatürdeki sınıflamalara göre yorumlanmıştır.

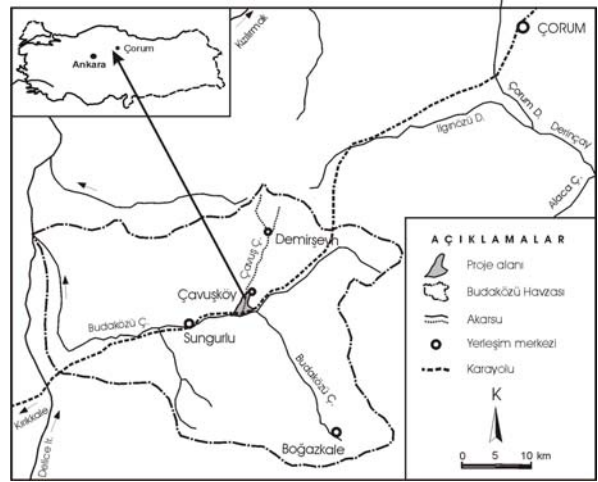
Çalışma alanı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından sulama kooperatifi kurularak yeraltısuyundan sulama projesinin yürütüldüğü alanı kapsamaktadır. Proje alanında işletme kuyuları açılmış olup, enerji tesisleri ve pompa montajları henüz yapılmamıştır.

ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Çavuş köyü; Çorum'a bağlı Sungurlu ilçesinin 8 km doğusundadır. Çorum-Sungurlu karayolu proje alanının güney sınırından geçmektedir.

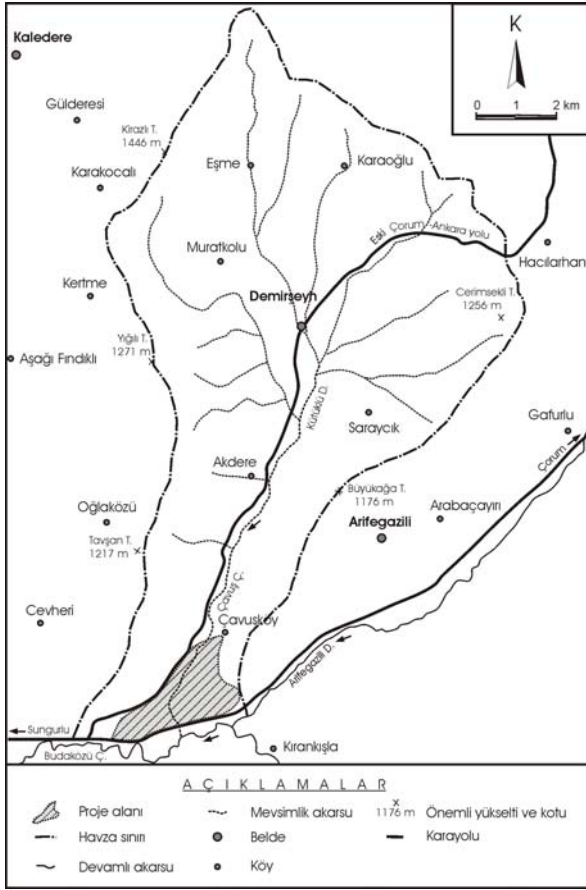
Çavuş köyünü de kapsayan çalışma alanı Kızılırmak havzasının Budaközü alt havzasındadır (Şekil 1). Çalışılan akifer, kuzeyden güneye doğru akan Çavuş çayı boyunca uzanan alüvyondur. Çalışma alanı, büyük bir bölümü akifer üzerinde bulunan sulama alanını ve yakın çevresini kapsamaktadır.

Güneyde, Budaközü çayı ile birleşen



Şekil 1. Çalışma alanının konum haritası
Figure 1. Location map of the study area

Çavuş çayının oluşturduğu vadi içinde bulunan sulama alanında topografik eğim kuzeyden güneye doğrudur. Sulama alanının büyük bir bölümünde ortalama eğim % 2, yamaç arazilerde ise % 5 civarındadır. Çavuş çayı, sulama alanını yaklaşık olarak iki eşit parçaya ayırmaktadır (Şekil 2). Sulama alanının güney sınırı itibariyle drenaj alanı 85 km²'dir. 800-1500 m kotları arasında bulunan drenaj havzasının ortalama topografik eğimi % 4, ortalama kotu 1000 m civarındadır.



Şekil 2. Havzanın konumu ve drenaj ağı

Figure 2. Location and drainage network map of the basin

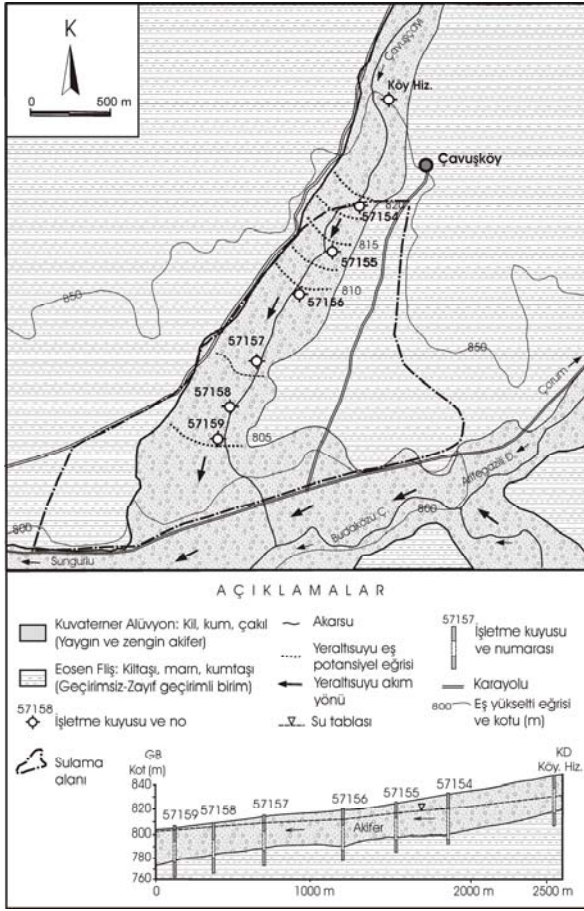
Proje alanı İç Anadolu Bölgesinin kuzeyinde yer almaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Gece-gündüz ve yaz-kış sıcaklık farkları belirgindir. Alanın 8 km batısındaki Sungurlu Meteoroloji istasyonuna ait 1929-1995 yılları arasındaki kayıtlara göre yıllık ortalama yağış 400 mm, ortalama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

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

HİDROJEOLJİ

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 rastlanmıştır 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 km² 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 km² 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 alüvyonudur. 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 $10^{3/4}$ 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 ($\times 10^6$ $\mu\text{S/cm}$)	KATYONLAR (mek/l)			ANYONLAR (mek/l)				% Na	SAR	Sulama suyu sınıfı	Bor (ppm)	Nitrit ve Amonyak	Organik madde (ppm)
				Na	K	Ca+ Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄						
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 $\mu\text{S/cm}$) 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 ($\times 10^6$ μ 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 ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄						
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.

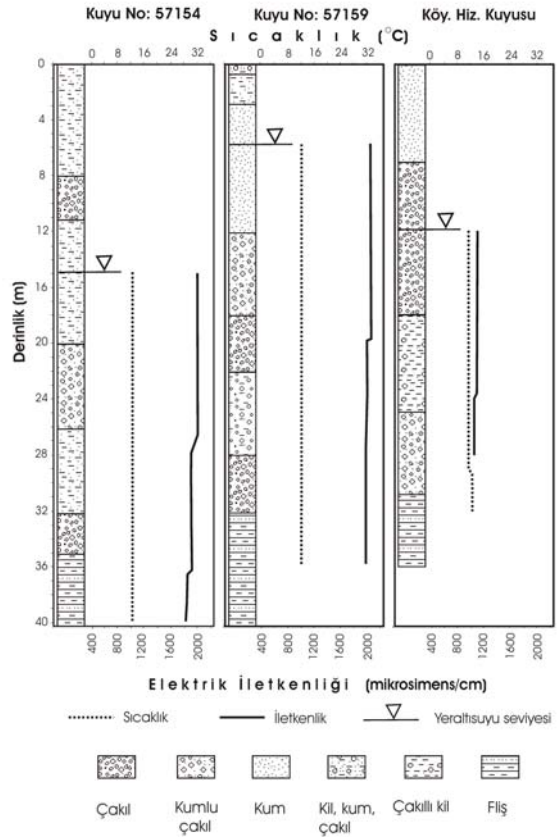
İletkenlik (Kondüktivite) ve Sıcaklık Logları

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

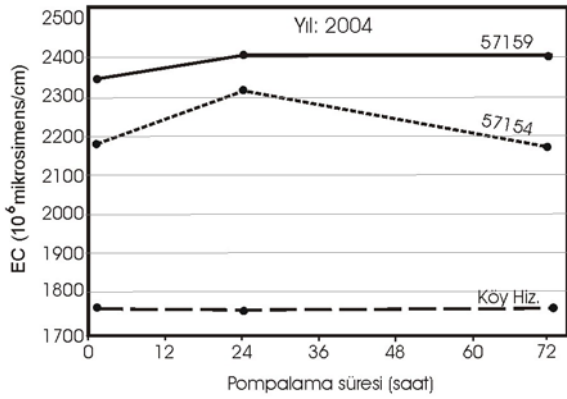
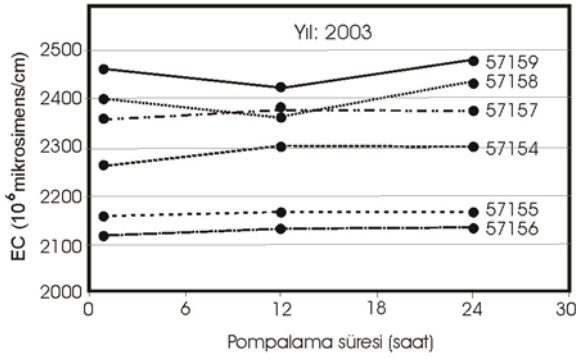
Tuzluluğun Miktarı, Nedenleri ve Dağılımı

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 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 boşalmalarının 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.

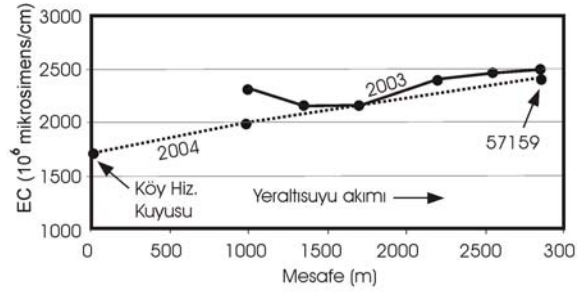
2003 yılına ait analizlerin sonuçlarına göre 57154, 57155, 57156 ve 57157 no.lu kuyularda pompaj süresi ilerledikçe EC değerinin çok az arttığı ve belli bir değerde sabitlendiği görülmektedir. 57158 ve 57159 no.lu kuyularda ise küçük bir dalgalanma söz konusudur. 2004 yılında yapılan deneylerde ise 57154 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 değerlerdedir (0-60 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



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

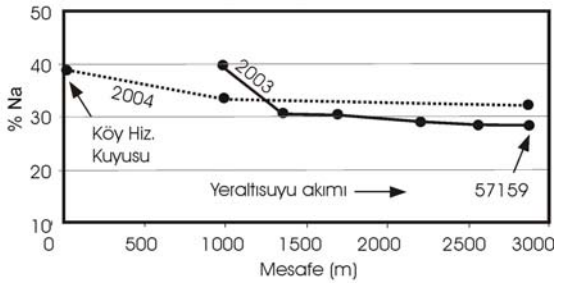
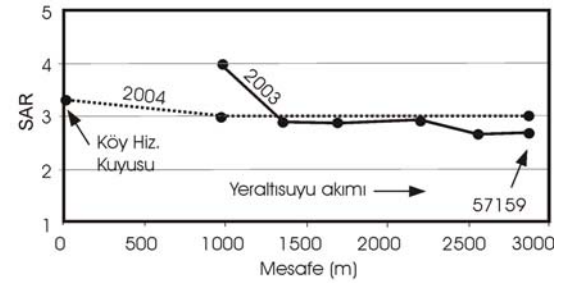
Figure 5. Changes of conductivity against pumping durations in 2003 and 2004

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 SO₄ 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 (C₃-S₁), 57957, 57958 ve 57959 no.lu kuyu suları çok yüksek tuzlu-düşük sodyumlu (C₄-S₁) sınıfındadır. Wilcox diyagramında kuyu

suları "iyi-kullanılabilir" "şüpheli-uygun değil" sınıfına girmektedir. Proje alanındaki sular EC, toplam tuz, % Na, Cl ve SO₄ parametrelerine dayanan Scofield (1935)'in sınıflamasına göre tuzluluk ve sülfat yönünden "kullanılabilir" ve "ihtiyatla kullanılmalı", % Na yönünden "iyi", Cl yönünden "çok iyi" sınıflarına girmektedir.

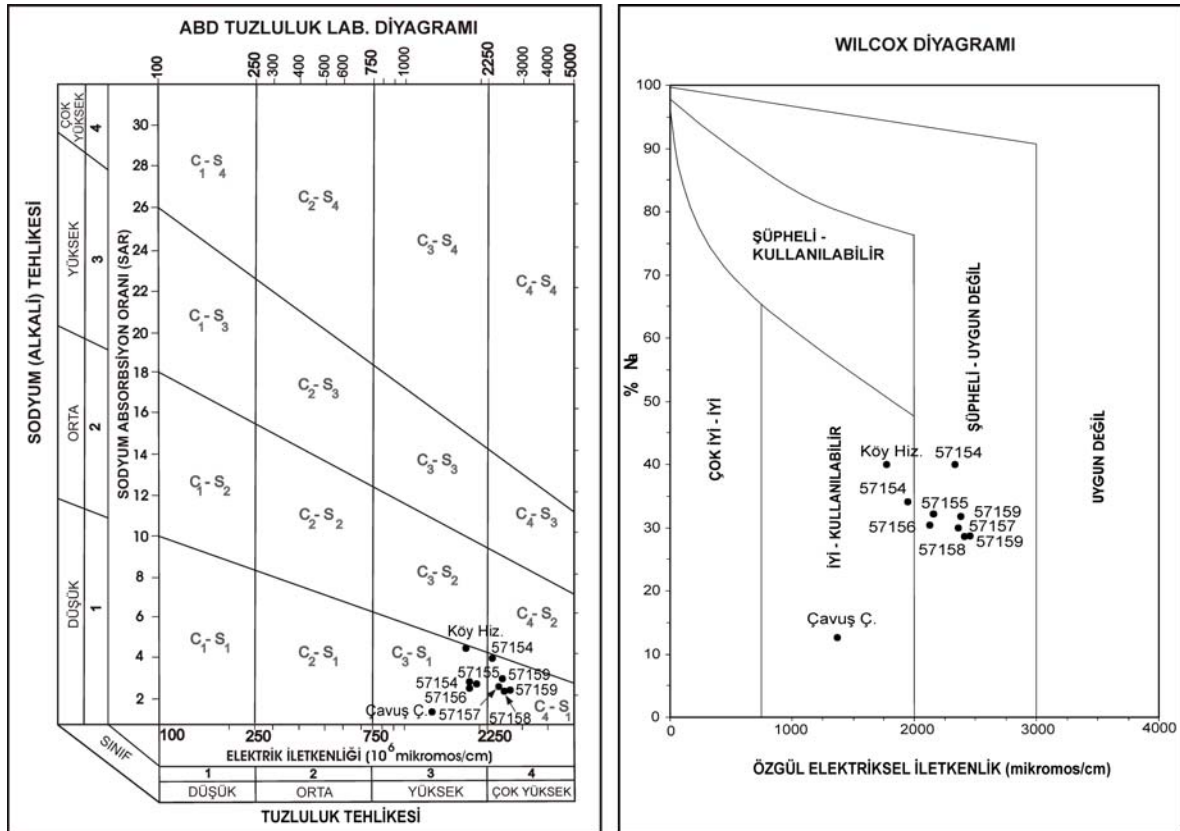
Sulama alanındaki yeraltısuları Doneen (1954) sınıflamasına göre toplam tuzluluk yönünden "Sınıf 2" (iyi-zararlı), bor, % Na ve Cl yönünden ise Sınıf 1 (çok iyi-iyi) sınıfına (Çizelge 5), Christiansen (1977) sınıflamasına göre ise tuzluluk yönünden 4. sınıfa, % Na, Cl ve SAR yönünden 1. sınıfa, bor yönünden 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 ⁶ =12000 µS/cm	ECX10 ⁶ =10000 µS/cm Domates	ECX10 ⁶ =4000 µS/cm Fasulye
Ispanak	Biber Marul	
	Patates Soğan Kabak	
ECX10 ⁶ =10000 µS/cm	ECX10 ⁶ =4000 µS/cm	ECX10 ⁶ =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 ⁶ =18000 µS/cm	ECx10 ⁶ =12000 µS/cm	ECx10 ⁶ =400 0 µS/cm
	Yonca	Ak üçgül
Arpa (Saman)	Buğday Yulaf	Tilki kuyruğu
ECx10 ⁶ =12000 µS/cm	ECx10 ⁶ =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 ⁶ =16000 µS/cm	ECx10 ⁶ =10000 µS/cm	ECx10 ⁶ =4000 µS/cm
Arpa (Danesi için)	Çavdar (Dane) Buğday (Dane) Yulaf (Dane) Mısır	Fasulye
Şeker pancarı	Ayçiçeği	
ECx10 ⁶ =10000 µS/cm	ECx10 ⁶ =6000 µS/cm	ECx10 ⁶ = 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. Arazi 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 C₃S₁ sınıfında, diğer kuyular C₄S₁ sınıfındadır. Ancak 2004 yılında yapılan örneklemede 57154 no.lu kuyunun suyu C₃S₁ sınıfına girmektedir. 57159 no.lu kuyu suyunun kalitesinde az miktarda düzelme olsa da sulama suyu sınıfında bir değişiklik olmamıştır. Bilindiği gibi C₄ 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 km² drainage area and consists of clay, sand and gravels. The aquifer has a surface area of 4 km². 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^{3/4} 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>