

EGE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA
PROJE KESİN RAPORU
EGE UNIVERSITY SCIENTIFIC
RESEARCH PROJECT REPORT

PROJE NO: 2001-ZRF-055

**MENEMEN OVASI
YER ALTI SUYU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

PROJE YÖNETİCİSİ

Doç. Dr. Şerafettin AŞIK

Prof. Dr. Musa AVCI

Prof. Dr. Bülent OKUR

Yrd. Doç. Dr. Bülent YAĞMUR

Yrd. Doç. Dr. Sezai DELİBACAĞ

Araş. Gör. Bekir S. KARATAŞ

Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
Faculty of Agriculture
Department of Farm Structures and Irrigation
Bornova-İZMİR
2004

ÖNSÖZ

İnsan hayatı ve doğal hayat suya bağlıdır. İnsanın yararına sunulan bu sınırlı kaynağın yönetimi uygarlıkların gelişmesinde önemli roller oynamıştır. Su kaynaklarını koruyup iyi yöneten uluslar, tarımsal üretimlerini dolayısıyla güçlerini arttırmışlardır. Tersine durumda olanlar ise, tarımsal üretimlerini düşürmekle kalmamışlar aynı zamanda toprak ve su kaynaklarını da yitirmişlerdir.

Ülkemizin 98 milyar m³'ü yer üstü ve 12 milyar m³'ü yer altı suyundan oluşan 110 milyar m³'lük toplam su kaynağının yaklaşık dörtte üçü tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Su iyi bir çözücü olması nedeniyle doğada saf olarak bulunmaz. İçerisinde az ya da çok oranda çözünmüş maddeler bulunur. Yüksek konsantrasyonlarda yabancı madde içeren suların sulama suyu olarak kullanılması durumunda, gerekli önlemler alınmazsa, topraklar tuzlu ve alkali topraklara dönüşebilir. Bu nedenle, sulamada kullanılan yer üstü ve yer altı (kuyu, kaynak, artezyen gibi) su kaynaklarının kalitelerinin bilinmesi ve değişimlerinin sürekli izlenmesi toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği yönünden önemlidir. Gerek genel amaçlı kullanımda ve gerekse sulamada yer altı suyu kullanımı daha fazladır. Bunun temel nedenleri ise, yer altı suyunun; ekonomik, elde edilmesi kolay ve çabuk, zararlı mikroorganizmalardan nispeten arınmış, arıtım masrafları az, nükleer ve kimyasal kirlenmelere yüzeysel sulara göre daha geç maruz kalabilmesidir. Yer altı sularının büyük bir bölümünün ovalarımızdan karşılandığı ve bu alanların da plansız bir şekilde yerleşime ve sanayiye açıldığı düşünüldüğünde, yer üstü su kaynaklarına göre daha temiz ve güvenilir olan yer altı sularının giderek daha fazla kirleneceği söylenebilir.

Nüfusun hızla artışı, kuraklıklar, sulu tarım alanlarının artması gibi faktörler tatlı su gereksinimini büyük ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle, özellikle tarımsal sulamada iyi kaliteli suların kullanılması yerine alternatif su kaynaklarının devreye sokulması gündeme gelmiştir. Alternatif su kaynaklarının başında ise arıtılmış atık sular gelmektedir. Ancak bu gibi marjinal suların sulamada kullanılması bir takım riskleri de beraberinde taşımaktadır. Bunların başında, hem içme-kullanma ve hem de sulama suyu kalite kriterleri yönünden yer altı suyu kirliliğini artırması gelmektedir. Bu nedenle, su kalitesinin sürekli izlenmesi ve kaliteyi bozan nedenlerin belirlenerek gereken önlemlerin alınması, su kaynaklarının korunması açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, Menemen Ovası yer altı sularının; sulama öncesi ve sonrası sulama suyu kalite parametreleri belirlenerek, sulamanın yer altı suyu kalitesine etkisinin saptanması ve İzmir arıtılmış atık sularının ova sulamasında kullanılması durumunda, yer altı suyu izleme ve değerlendirme çalışmalarına bir başlangıç oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu çalışmaya finansal destek sağlayan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkürlerimizi sunarız.

Kasım 2004, İzmir

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL DİZİNİ	I
ÇİZELGE DİZİNİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. MATERYAL	8
3.2. YÖNTEM	8
3.2.1. Su Örneklerinin Alınışı	8
3.2.2. Su Örneklerinin Analizi	10
4. BULGULAR	12
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	13
5.1. FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLER	13
5.2. AĞIR METALLER	28
6. KAYNAKLAR	31

ŞEKİL DİZİNİ

Sekil No

Sayfa No

Şekil 1. Yer altı suyu örneklerin alındığı kuyuların yerleri.....	9
Şekil 2. Sulama sezonu sonunda, sulama sezonu öncesine göre kuyu sularındaki Fe, Cu ve Zn miktarlarının değişimi	20
Şekil 3. Sulama sezonu sonunda, sulama sezonu öncesine göre kuyu sularındaki Mn, Cr ve Co miktarlarının değişimi	21
Şekil 4. Sulama sezonu sonunda, sulama sezonu öncesine göre kuyu sularındaki Cd, Ni ve Pb miktarlarının değişimi.....	22

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge No

Sayfa No

Çizelge 1. Yer altı su örneklerinin alındığı kuyulara ilişkin bazı özellikler.....	11
Çizelge 2. Menemen Ovası yer altı sularının I. dönem sulama suyu temel kalite özellikleri	14
Çizelge 3. Menemen Ovası yer altı sularının II. dönem sulama suyu temel kalite özellikleri	16
Çizelge 4. Yer altı su örneklerinin I. dönem ağır metal konsantrasyonları.....	18
Çizelge 5. Yer altı su örneklerinin II. dönem ağır metal konsantrasyonları.....	19

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Menemen Ovası yer altı sularının sulama öncesi ve sulama sonrası dönemlerdeki sulama suyu kalitesi ve ağır metal içeriklerini saptayarak, İzmir ili arıtılmış atık sularının ovanın sulanmasında kullanılması durumunda, Menemen Ovası yer altı suyu izleme ve değerlendirme çalışmalarına bir başlangıç oluşturmaktır. Araştırma materyalini oluşturan Menemen Ovası yer altı sularından, sulama mevsimi başlangıcında (I. dönem) 33 adet ve sulama mevsimi sonunda ise (II. dönem) 35 adet su örneği alınmıştır. Menemen Ovası'nda bulunan yer altı su kaynaklarından I. dönemde alınan su örneklerinin % 21.21'i C2S1; % 57.58'i C3S1; % 6.06'sı C3S2; % 3.03'ü C4S2; % 12.12'si C4S4; II. dönemde alınan su örneklerinin % 20'si C2S1; % 68.57'si C3S1; % 8.57'si C4S1; % 2.86'sı C4S2 sulama suyu sınıfı içerisinde yer almaktadır. Birinci ve II. dönemde; Seyrekköyün kuzey-batı kısımları, Tuzçullu-Süzbeyli arası, Tuzçullunun kuzey-batı kısımları ve hava alanı civarından alınan örneklerin sulama suyu amaçlı kullanıma uygun olmadıkları saptanmıştır. Birinci ve II. dönem alınan su örneklerinde, analizleri yapılan ağır metallere Fe, Cu, Zn, Cr, Ni ve Pb konsantrasyonlarının iki dönemde de izin verilen maksimum sınır değerleri aşımadığı görülmektedir. Mn konsantrasyonu, sulama öncesi dönemde 10 kuyuda (6, 7, 8, 13, 15, 16, 18, 19, 22 ve 34 no'lu kuyular); sulama sonrası dönemde ise 9 kuyuda (6, 7, 8, 9, 13, 15, 16, 19 ve 24 no'lu kuyular) izin verilen maksimum sınır değeri aşmıştır. Sulama öncesi dönemde, 22 no'lu kuyuda Co ve Cd konsantrasyonları izin verilen maksimum sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Mn, Co ve Cd metallere izin verilen maksimum sınır değerleri aştığı kuyular, genellikle yerleşim birimleri, sanayi bölgesi ve hava alanına yakın yerlerdeki kuyulardır. Bor konsantrasyonları yönünden araştırma alanındaki tüm kuyu suları, 23 no'lu kuyu suyu dışında I. sınıf sulama suyu özelliğindedir.

Anahtar kelimeler: Yer altı suyu, Sulama suyu kalitesi, Menemen Ovası.

A Research on Determination of Groundwater Quality in Menemen Plain

ABSTRACT

The aim of this study is to determine of Menemen Plain's groundwater quality, trace elements and heavy metal contents for irrigation before and after irrigation seasons. As material, 33 groundwater samples were taken before irrigation season (I-first term) and 35 groundwater samples were taken after irrigation season (II-second term). In the first term the groundwater samples were found as C2S1 (21.21%), C3S1 (57.58%), C3S2 (6.06%), C4S2 (3.03%), C4S4 (12.12%); second term C2S1 (20%), C3S1 (68.57%), C4S1 (8.57%), C4S2 (2.86%). Samples no 11, 15, 16 and 23 taken first and second terms are not suitable for irrigation. In the first and second term groundwater samples Fe, Cu, Zn, Cr, Ni and Pb concentrations were determined under recommended levels. Mn concentration of first term samples no 6, 7, 8, 13, 15, 16, 18, 19, 22 and 34; second term samples no 6, 7, 8, 9, 13, 15, 16, 19 and 24 were above the recommended level. Sample no 22 from second term samples has contained Co and Cd above the recommended level. Samples which contain Mn, Co and Cd above the recommended levels are near the urban, industrial and airport areas. Boron content of all groundwater samples were found under threshold values except for sample no 23.

Key words: groundwater, irrigation water quality, Menemen Plain.

1. Giriş

Bitkisel ve hayvansal kökenli tüm canlılar yaşam ortamlarında birbirleri ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik ilişkiler, alışverişler ve dayanışmalar içerisinde dengeli bir yaşam sürdürürler. Bu dengeyi doğal afetler, değişen iklim olayları vb. nedenler bazen bozsa bile, doğaya özgü iç güçler ve dayanışmayla denge, kısa ya da uzun sürede tekrar kurulabilir ve düzenli doğal yaşam yeniden canlanabilir. Bu dengeyi bilerek veya bilmeyerek bozan, doğayı ve doğal kaynakları tüketen ve kirleten insan faktörü devreye girince, yaşam ortamı bozulmaya, dengesini ve sürdürülebilirliğini yitirmeye başlar. İnsan etkileri devam ettiği sürece de ekolojik dengeler bozulmayı sürdürür ve sonuçta yaşam ortamı, başta insanlar olmak üzere tüm canlı yaşam için özelliklerini ve barındırıcılığını yitirir.

Su; hava, toprak ve ateş ile birlikte yaşamın dört ana unsurundan birisidir. Su çok iyi bir çözücü ve dispers edici özellikleri nedeniyle iyi bir alıcı ortamdır. Bu nedenle, suların içerdiği birçok elementin iyon ya da iyon grubu şeklinde konsantrasyonlarının artması, yaşamsal bir kaynak olan suların içme, sulama ve endüstride kullanımını kısıtlar ya da engeller. Suyun tüm canlılar için yaşamsal bir doğal kaynak olması yanında, uygarlıkların kurulmasında ve çökmesinde rol aldığı bilinmektedir. Yeryüzünde tarihin başlangıcından beri insanlar su ile ilgilenmişler, suyun özelliğini tanımaya, yönetmek için yasalar belirlemeye, ondan hem korunmaya hem de yararlanmaya çalışmışlar; yerleşim yerlerini suyun bol olduğu ırmak, göl ve deniz kenarlarına yakın yerlerde kurmuşlardır. İlk uygarlığın kurulduğu yer olarak kabul edilen Nil Vadisi'ndeki yerleşimler ile daha sonra Mezopotamya'da ortaya çıkan uygarlıklar buna güzel örneklerdir. Öte yandan, Amerikalı ve Fransız arkeologlar 4200 yıl önce, 300 yıl etkisini gösteren bir kuraklığın Ortadoğu'nun ilk uygarlığı olarak bilinen Akad Uygarlığı'nın çökmesine neden olduğunu bildirmektedirler (Esenyel, 2001).

Günlük yaşamımızda su; yemek yapma, yıkanma, içme, ev temizliği vb. kullanımlar ile karşımıza çıkar. İnsan vücudunun günlük su gereksinimi yaklaşık 2.5 litredir. Bu suyun bir bölümü yiyeceklerle, geri kalanı da içilerek alınmak zorundadır. İnsan, yemek yemeden 80 gün yaşayabilirken su içmeden yalnız 10 gün yaşayabilir. Vücut suyundaki %1-2'lik bir azalma acıya, %5'lik su kaybı derinin kaşınmasına, ağız ve dilin

kurummasına ve halüsinasyonun başlamasına, %15'lik su kaybı ise insanın ölmesine neden olur.

Canlılara yaşam veren su, tarımsal üretimde de vazgeçilemez bir girdi olarak yer alır. Su döngüsü içerisinde, suyun yerin altında kalan bölümüne yer altı suyu denilmektedir. Yer üstü su kaynaklarının yetersiz kaldığı koşullarda, insanlar yer altı sularına yönelmişlerdir. Yer altı suyu; ekonomik, elde edilmesi kolay ve çabuk, zararlı mikroorganizmalardan nispeten arınmış, arıtım masrafları az, nükleer ve kimyasal kirlenmelere yüzeysel sulara göre daha geç maruz kalan yenilenebilir doğal bir kaynaktır. Tüm dünyada su yönetiminde önemli bir rol oynar. Bazı bölgelerde halkın tek su kaynağıdır. İnsanlar su ihtiyaçlarının %85'inden fazlasını yer altı sularından karşılarlar (Raghuanath, 1987).

Yer altı suları; içme-kullanma, sulama ve endüstri başta olmak üzere değişik amaçlar için kullanılır. Kullanım amaçlarına göre kalitelerinin belirli özellikte olması ve içerdikleri maddelerin belirli sınırlar arasında kalması istenir. Bu amaçlar doğrultusunda çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Belirli bir amaç için, yer altı suyu kaynağının kalite yönünden kullanılabilirliğinin azalması veya yok olması yer altı suyu kirliliği olarak tanımlanır. Yer altı suyu kirliliği ve derecesi ülkeden ülkeye ve yerel olarak önemli değişiklikler gösterir. Nedenleri, kirlenici kaynaklara ve bunların tiplerine bağlı olarak çok çeşitli olmakla beraber genel olarak doğal ve yapay etmenler olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Doğal etmenler arasında; deniz suyu girişi, jeolojik formasyonlar, jeotermal kaynaklar ve kötü kaliteli akarsu, göl ve bataklık alanlar sayılabilir. Yapay etmenler arasında ise; hızla artan çarpık yapılaşma sonucu kanalizasyon sistemlerinin yetersiz kalması, kırsal kesimden kentlere olan göçler nedeniyle kent yerleşim alanlarının plansız bir şekilde yer altı suyu beslenme alanlarına doğru genişlemesi, düzensiz depolama alanlarında oluşan sızıntı suları, bilinçsizce tarımsal ilaç ve gübre kullanımı, aşırı sulama, evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmadan alıcı ortamlara deşarjı gibi etmenler sayılabilir. Kirlenici kaynaklardan çıkan tüm bu atıklar; iklim, toprak ve zamana bağlı olarak yer altı suyuna taşınır (Dinçer ve Baba, 1998; Çuhadar, 1996).

Ülkemizin günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yer altı su potansiyeli 12 milyar m³ olup bunun yaklaşık % 50'si aktif olarak kullanılmaktadır. Yer altı sularıyla sulanabilecek toplam 600 bin ha alanın yaklaşık % 84'ü sulamaya açılmıştır. Aktif olarak kullanılan yer altı suyunun

yaklaşık %34'ü sulamada kullanılmaktadır. Duruma yer üstü su kaynakları yönünden bakıldığında; çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek 98 milyar m³ yer üstü su potansiyelinin yaklaşık %35'i aktif olarak kullanılmakta ve yer üstü su kaynaklarıyla sulanabilecek toplam 7 milyon 900 bin ha'lık alanın ise yaklaşık %59'u sulamaya açılmıştır (Eroğlu, 2003). Bu rakamlar birlikte değerlendirildiğinde, ülkemizde gerek genel kullanımda ve gerekse sulamada yer altı suyu kullanımının daha fazla olduğu görülmektedir. Yer altı sularının büyük bir bölümünün ovalarımızdan karşılandığı ve bu alanların da plansız bir şekilde yerleşime ve endüstriye açıldığı düşünüldüğünde, yer üstü su kaynaklarına göre daha temiz ve güvenilir olan yer altı sularının giderek daha fazla kirleneceği söylenebilir.

Dünya nüfusunun hızla artışı, kuraklıklar, sulu tarım alanlarının artması gibi faktörler tatlı su gereksinimini büyük ölçüde artırmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de meydana gelen kuraklıklar nedeniyle su yetersizliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, özellikle tarımsal sulamada iyi kaliteli suların kullanılması yerine alternatif su kaynaklarının devreye sokulması ve sahip olunan su kaynaklarının da titizlikle korunarak kullanılabilirlik özelliğinin kaybedilmemesi son derece önemlidir. Alternatif su kaynaklarının başında arıtılmış atık sular gelmektedir (Aşık ve ark., 1997). Ancak bu gibi marjinal suların sulamada kullanılması bir takım riskleri de beraberinde taşımaktadır. Bunların başında, hem içme-kullanma ve hem de sulama suyu kalite kriterleri yönünden yer altı suyu kirliliğini artırması gelmektedir. Günümüzde su kalitesinin yönetimi (kalitatif yönetim), su miktarının yönetimi (kantitatif yönetim) kadar önem taşımaktadır. Bu nedenle, su kalitesinin sürekli izlenmesi ve kaliteyi bozan nedenlerin belirlenerek gereken önlemlerin alınması, bu kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından önem taşımaktadır.

Menemen Ovasında İzmir arıtılmış atık sularının sulamada kullanımı konusunda yöre çiftçilerinin yoğun talep ve baskısı giderek artmaktadır (Avcı ve ark., 2003). Ancak bu suyun kullanımıyla, gerek içme-kullanma ve gerekse sulamada kullanılan yer altı suyunun kalitesinde meydana gelebilecek değişimlerin bilinmesi ve sürekli izlenmesi insan ve hayvan sağlığı yönü ile birinci derecede öneme sahiptir. Bunun sağlanabilmesi için ise, arıtılmış atık suların sulamada kullanılmaya başlanmadan önceki yer altı suyu kalitesinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı; Menemen Ovası yer altı sularının sulama öncesi (I. dönem) ve sulama sonrası (II. dönem) dönemlerdeki fiziksel ve kimyasal özellikleri ile

ağır metaller yönünden kalite parametrelerini belirleyerek, sulamanın yer altı suyu kalitesine etkilerini araştırmak ve İzmir arıtılmış atık sularının ovanın sulanmasında kullanılması durumunda, Menemen Ovası yer altı suyu izleme ve değerlendirme çalışmalarına bir başlangıç oluşturmaktır.

2. Literatür Özeti

Sürdürülebilir yer altı suyu yönetiminde; yer altı sularının kalitelerinin belirlenmesi, korunması, kirletici kaynakların saptanması ve izlenmesi oldukça önemlidir. Dünyada ve ülkemizde bu tür çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu bölümde konuyla ilgili yapılmış çalışmalar özet halinde verilmiştir.

Yer altı su kaynaklarındaki tuzluluk artışı; derinliklerdeki tuzlu suların su çekilmesi ile kuyulara karışması, toprak katmanlarındaki tuz yataklarının yer altı suları ile teması, petrol ve doğal gaz arama ve çıkarma işlemleri, kış döneminde buzlanmayı önlemek amacıyla yolların tuzlanması, sulamada kullanılan fazla suların çözdüğü tuzlarla birlikte geri dönüşü, deniz kıyısına yakın yörelerde deniz suyu girişimi ile olabilmektedir (Richter and Kreitler, 1993). Tuzlu su girişimi, önceden daha az tuzlu suyun bulunduğu bölgeye, toplam çözülmüş madde içeriği yüksek tuzlu suyun kütleli taşınımı olarak tanımlanmaktadır (Stewart, 1999).

Saruhanlı ovasında bulunan 23 adet derin kuyudan 3 ayrı dönemde alınan su örneklerinde yapılan analizlerde; örneklerin pH değerlerinin 6.5-8.47 gibi geniş sınırlar arasında değişim gösterdiği; örneklerin genelde orta bazik ve sulama süreci sonuna doğru ise kuvvetli bazik tepkime gösterdikleri saptanmıştır. Aynı araştırmada su örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 375-2200 $\mu\text{mhos/cm}$ sınırları arasında belirlenmiş; bunların % 42.02'sinin C3S1; %57.97'sinin ise C2S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığı bildirilmiştir (Altınbaş ve ark., 1996).

İzmir'in bazı ilçelerindeki yer altı su kaynaklarının kalitelerinin saptanması için yapılan bir araştırmada, Narlıdere ilçesi yer altı suyu örneklerinde pH değerinin 6.24-7.66 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Asaroğlu ve ark., 1999).

Gümüldür-Büyükalan yöresinde yapılan çalışmalarda, yörede nüfusun artışı; turistik yerleşim ve yazlıkların artışı; yoğun olarak yetiştirilen satsumada yanlış sulama suyu yönetimi; yaşanan kuraklıklar vb. etkiler sonucu aşırı su çekiminin yol açtığı deniz suyu girişimi incelenmiştir. Araştırmacılar, 1970-1996 yılları arasında kuyulardaki tuzluluğun

(EC) yıllık % 2.5, Cl⁻ içeriklerinin de % 6 arttığını saptamışlardır. Artışın özellikle denize uzaklığı 0-700 m olan bölgelerde ortaya çıktığını ve satsumanın birçok özelliğini aktif olarak olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir (Anaç ve ark., 1997; Aksoy ve ark., 1996).

Antalya Kumluca yöresi kuyu suları üzerine yapılan bir çalışmada, kuyu sularının EC değerlerinin 548-1648 µmhos/cm arasında değişim gösterdiği ve bu kuyuların önemli bir bölümünün tuzlu sular olduğu bildirilmiştir (Kaplan ve ark., 1999).

Saatçi ve ark. (1973), İzmir-Balçova yöresinde sulamada kullanılan bazı kuyu, artezyen, kaynak ve dere sularının sulama yönünden kalitelerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada; kuyu sularının pH'larını 6.55-8.09; EC değerlerini 424-5500 µmhos/cm; SAR değerlerini 0.20-11.65 ve bor içeriklerini ise 0.01-6.55 ppm değerleri arasında saptamışlardır. Bazı kuyulardaki tuzluluğun ve borun yüksek çıkmasına, yöredeki kaplıca sularından kuyulara olan girişimin neden olduğunu vurgulamışlardır.

İzmir'in Buca, Konak ve Narlıdere yörelerinde 15 kuyuda yapılan bir araştırmada; Buca yöresinde pH'nın 7.14, kalsiyumun 42.47 mg/l, magnezyumun 81.97 mg/l, bikarbonatın 396.90 mg/l ve klorun da 74.72 mg/l olduğu belirlenmiştir (Asaroğlu ve ark., 1999).

Menemen Ovası toprakları için de ana sulama kaynağı olan Gediz Nehri'nin, sulama suyu kalitesi ile ağır metal ve iz element içeriğinin alansal değişiminin incelendiği bir çalışmada, EC 200-1650 µmhos/cm; buharlaştırma kalıntısı 127.6-1166.4 mg/l; pH 7.08-8.00; Cl⁻ 0.35-6.93 me/l; SAR 0.04-3.30 değerleri arasında belirlenmiştir. Aynı araştırmada, Gediz Nehri su kalitesinin, nehrin doğduğu yer olan Murat Dağı'ndan, döküldüğü yer olan Foça'ya doğru azaldığı; ayrıca kirliliğin de arttığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Delibacak ve ark., 2002).

Samsun Bölgesindeki yer altı sularının kalite parametrelerini araştırmak ve kirlenici kaynakların etkisini belirleyebilmek amacıyla, İncesu-Dereköy sahil şeridindeki 3 ayrı yerleşim ünitesinde toplam 24 kuyuda 5 ay süreyle yapılan bir çalışmada, yer altı sularının uygun olmayan çevre şartlarından etkilendiği ve az da olsa kirlendiği belirlenmiştir (Balkaya, 1989).

Shivkumar ve ark. (1995), Nakkavagu Havzasında yaptıkları bir çalışmada, değişik sektörlerden 300'den fazla fabrikanın atık sularının doğrudan etraftaki arazilere, sulama alanlarına ve yüzey sularına deşarj edildiği alanlarda Cu, As, Se, Zn, B, Cr ve Fe gibi toksik iz elementlerin taşınımını incelemişler ve bu elementlerin yüzey ve yer altı

suyuna karıştığını saptamışlardır. Kuyulardan alınan su örneklerinde, izin verilebilir limit değerlerden 5-10 kat daha fazla konsantrasyonlarda bu elementlerin olduğunu belirtmişlerdir.

Shivkumar ve ark. (1995) Nakkavagu Havzasında yaptıkları diğer bir çalışmada, bütün kirleticilerin toplamını içerdiğinden kirlenmenin bir göstergesi olarak kabul edilen toplam çözünmüş katı madde (TDS) konsantrasyonlarının, endüstriyel alanların etrafında yer alan köylerdeki yer altı sularında 2500 ppm değerlerine çıktığını saptamışlardır. Bu değer, içme suyu için izin verilebilir limitin yaklaşık beş katıdır.

Hinkle (1997), allüviyal karakterli Willamette Havzasında yer altı suyu kalitesini belirlemek amacıyla, 1993-95 yılları arasında genellikle derinliği 25 m'nin altında olan ve tarım arazileri içerisinde yer alan 70 adet evsel kullanım amaçlı kuyudan aldığı su örneklerini analiz etmiştir. Analizler sonucunda, yer altı suyundaki tüm iz element konsantrasyonlarının düşük çıktığını, medyanlarının sürekli olarak <10 µg/l ve genellikle de <1 µg/l olarak bulunduğunu ifade etmiştir.

Shivkumar ve ark. (1997), yaptıkları bir araştırmada; yer altı suyundaki Zn konsantrasyonlarının 1000 ppb değerini aştığını, kaynağının ise endüstriyel kirlenme ve çalışma alanındaki çiftçilerin verim artırmak amacıyla yoğun olarak kullandıkları pestisit ve gübreler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca B konsantrasyonlarının 1 ppm değerine ulaştığını, Cr konsantrasyonlarının endüstriyel faaliyet yapılan bölgelere yakın yerlerde yüzey sularındaki konsantrasyonun yaklaşık onda biri civarında olduğunu saptamışlardır. Aynı şekilde, endüstriyel faaliyet yapılan bölgeler civarında, yüzey sularındaki Fe konsantrasyonlarının 1 ppm değerine kadar çıktığını, ancak yüzey sularından yer altı suyuna Fe'in çok az sızımı nedeniyle, yer altı suyunda yüksek konsantrasyonlarda Fe saptanmadığını, izin verilebilir sınırları aşmadığını ifade etmişlerdir.

Shivkumar ve ark. (1997) yaptıkları başka bir çalışmada, yer altı sularındaki Cu konsantrasyonunun maksimum izin verilebilir sınırlara ulaştığını, hatta bazı alanlarda içme suyu için verilen sınır değerlerin 5-10 kat üstünde bulunduğunu belirtmişlerdir.

Baba ve ark. (1999), İzmir Harmandalı düzenli atık depolama sahasının yer altı ve yer üstü su kaynaklarına etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda, örnekleme noktalarının büyük çoğunluğunda içme suyu açısından; bazı noktalarda ise sulama suyu açısından anyon, katyon ve ağır metal parametrelerinin standartlarda verilen kritik değerleri aştığını ifade etmişlerdir. Bu durumun ise, deponi sahasından

gelen sızıntı sularından ve arıtılmadan derelere boşaltılan endüstriyel ve evsel atık suların kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Woo ve ark. (2000), Çin'in kuzey doğusunda yer alan Hunchun Havzasında yaptıkları su kalitesi belirleme çalışmasında; yer altı ve yer üstü su kaynaklarında Fe, Mn, Cd, F ve NO₃-N kirliliğinin olduğunu ancak hakim kirleticilerin Cd ve F elementlerinin olduğunu belirtmişlerdir. Bu kirliliğin ise; gübre kullanımı, sulama uygulamaları, akifer özelliklerinin değişimi, mineral fazların çözünürlüğü ve evsel atık su deşarjlarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Yer üstü ve yer altı sularındaki Cd ve F'nin geniş yayılımı ve yüksek konsantrasyonlarının, temel su kaynağı olarak bu suların kullanılması durumunda, önemli sorunlara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Islam ve ark. (2000), Bangladeş'in Bengal Havzasında beş örnekleme sahasında yaptıkları bir çalışmada; yer altı sularında, yüzey sularında ve topraklarda As ve diğer toksik metal kirliliğini araştırmışlardır. Araştırma sonunda çalışma alanının tamamında, yer altı sularında bulunan Al, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının WHO (1993)'ün içme suyu standart değerlerinin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Baba ve ark. (2001), İzmir metropolitan alanı ve civarında yaptıkları bir çalışmada, yöredeki yer altı sularında Cd, Pb ve Sb değerlerinin Amerika Çevre Koruma Örgütü (EPA)'nın içme suları için önermiş olduğu sınır değerleri aştığını ifade etmişlerdir.

Çelik ve ark. (2001)'nin Yerköy ovası yer üstü ve yer altı sularının kalitesini ve birbiriyle olan ilişkilerini saptamak amacıyla yaptıkları bir çalışmada, B ve Mn elementlerinin izin verilen maksimum değerleri aştığı ve bunun nedenlerinin litolojik kaynaklı olduğu saptanmıştır.

Polat ve ark. (2001), Antalya havzası yer altı su kaynaklarının ağır metal kirliliği yönünden TS-266'da verilen maksimum değerleri aşmadığını belirtmişlerdir. Bunun nedeni olarak ise; Antalya'da sanayi kuruluşlarının fazla olmaması, yer altı suyu kaynaklarının debisi ile akış hızının yüksek olması ve jeolojik formasyonların suyu doğal arıtıma tabi tutmasının gösterilebileceğini ifade etmişlerdir.

Sekin ve ark. (2001) tarafından Manisa yöresinde yapılan bir çalışmada içme, kullanma ve sulama suyu elde edilen derin kuyulardan sonbahar, kış ve yaz başlangıcı olmak üzere üç farklı dönemde su örnekleri alınmış ve bunlarda toksik etkili olabilecek iz elementlerin (Pb, Cd, As, Hg, Cr, Se, Sb, Fe, Cu, Mn, Ba, Zn ve B) değişimi incelenmiştir. Araştırma sonucunda tüm kuyularda Se ve Sb elementlerine

rastlanmamış, diğer elementlerin konsantrasyonlarının ise izin verilen maksimum sınır değerlerin altında olduğu saptanmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Materyal

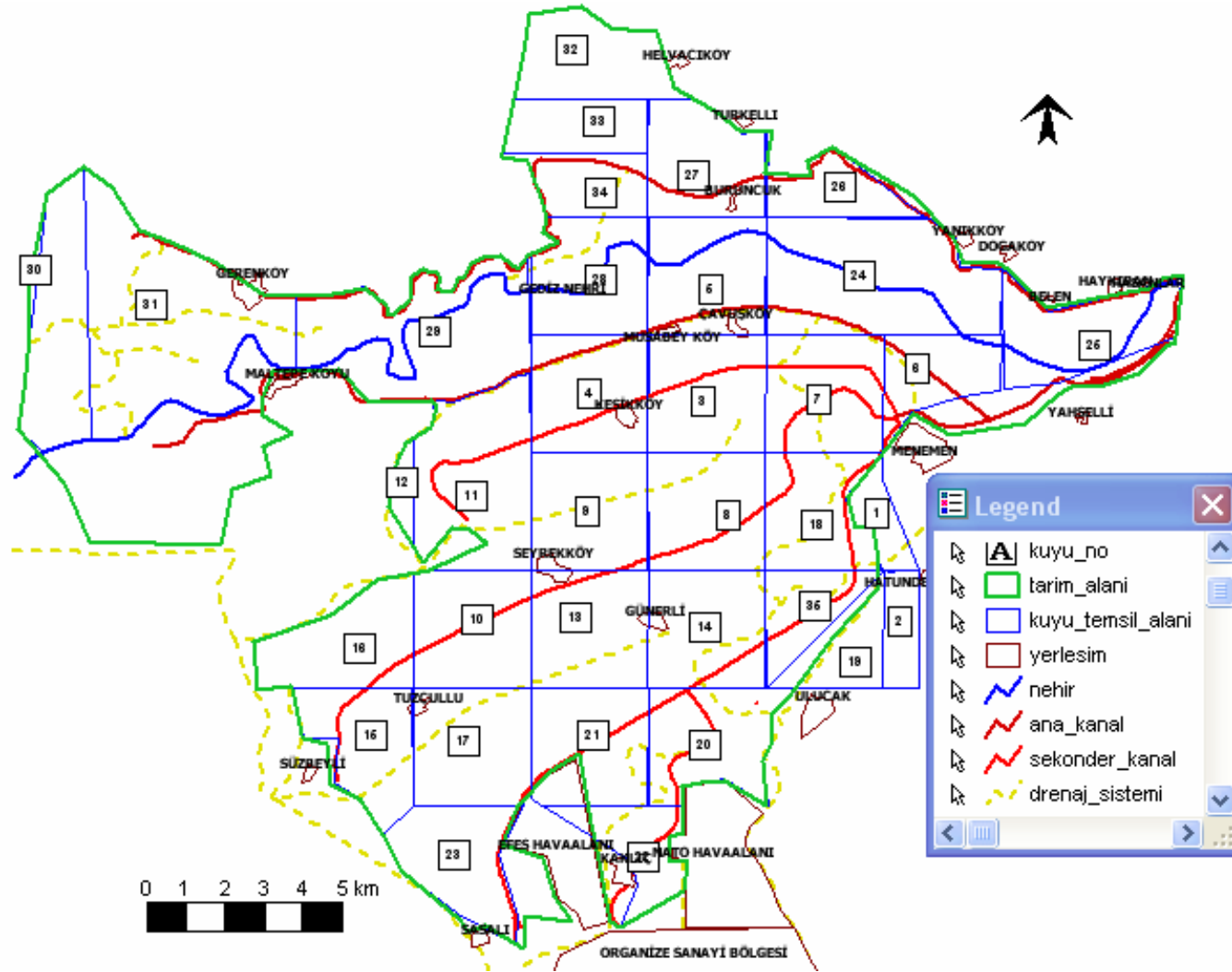
Menemen Ovası, Ege Bölgesi'nde ve Gediz Havzası'nın batısında yer alır. Toplam arazi varlığı 41 805 ha'dır. Bunun 33 545 ha'ı ova arazisidir ve % 44,1'i tuzlu ve alkali özellikteki topraklarla kaplıdır. Ovanın tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmayan bölgeleri çok verimli arazilerdir. Bu arazilerde, yüzey sularının yetersiz olduğu koşullarda, yer altı suları tarımsal üretim için yoğun olarak kullanılmaktadır.

Araştırma materyalini oluşturan Menemen Ovası yer altı sularından, I. dönemde (sulama mevsimi başlangıcında) örnek almak için 35 adet kuyu belirlenmiştir. Ancak su örnekleri alınırken Çizelge 1'de özellikleri verilen 4 ve 25 no'lu kuyuların faaliyette olmaması nedeniyle I. dönemde 33 su örneği alınmıştır. II. dönemde (sulama mevsimi sonunda) önceden belirlenen tüm kuyulardan örnekleme yapılmış ve toplam 35 adet su örneği alınmıştır. Araştırmanın materyalini oluşturan Menemen Ovası yer altı sularının alındığı kuyuların yerleri Şekil 1'de, kuyulara ait gerekli bilgiler ise Çizelge 1'de verilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Su Örneklerinin Alınışı

Örneklerin alınacağı kuyuların yerlerini belirlemek için araştırma alanına ait 1/25000 ölçekli haritada araziye en iyi temsil edecek şekilde 3x3 km boyutlarında kuzey-güney ile doğu-batı yönlü eksenlerde bir kareler ağı oluşturuldu. Bir kareye düşen kuyu sayısı birden fazla ise, en derin kuyu örnek kuyu olarak seçildi. Seçilen kuyulardan, I. ve II. dönemde olmak üzere iki kez su örneği alındı. Alınan su örnekleri, örneğin alındığı kuyunun suyu ile yıkanıp 2.5 l'lik pet şişelere doldurularak laboratuara getirildi. Örneklerle ilgili önemli bilgiler su tanıttım formuna kaydedildi. Analizlerin tamamı bitinceye kadar örnekler buzdolabında saklandı.



Şekil 1. Yer altı sularının alındığı kuyuların yerleri.

Ağır metal ve iz elementlerin analizi için ayrılan örnekler HCl eklenerek buzdolabında saklandı (ODTÜ, 1983).

3.2.2. Su Örneklerinin Analizi

Alınan su örneklerinde tepkime (pH), elektriksel iletkenlik (EC), katyonlar (Na^+ , K^+ , $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$), anyonlar (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-), bor, buharlaşma kalıntısı, erimiş katı maddeler ve ağır metallerin (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Co, Ni ve Pb) analizleri yapılmıştır.

Tepkime (pH) cam elektrodlu pH metre ile (Merck, 1973); elektriksel iletkenlik EC metre ile (U.S. Salinity Lab.Staff, 1954) ölçüldü. Katyonlardan Na^+ ve K^+ flame fotometrede okunan absorbans verileri standart çözeltilerle hazırlanan kurveye uyarlanarak (Jackson, 1958); kalsiyum+magnezyum ($\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$) eriochrom T siyahı indikatörü kullanılarak ve 0.01 N EDTA ile titre edilerek (U.S.Salinity Lab.Staff, 1954); anyonlardan Cl^- , potasyumbikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) indikatörü varlığında 0.05 N AgNO_3 ile titre edilerek (U.S. Salinity Lab.Staff, 1954); sülfat (SO_4^{2-}), BaCl_2 ile çöktürülerek gravimetrik yöntemle (Merck,1973); karbonat (CO_3^{2-}) analizinde fenol fitaleyn, hidrokarbonat (HCO_3^-) analizinde metil oranj indikatörü kullanılarak ve 0.1 N HCl ile titre edilerek (Merck, 1973); bor (B), karmin indikatörü kullanılarak kolorimetrik yöntemle (U.S. Salinity Lab.Staff, 1954); buharlaşma kalıntısı, su örneklerinin buharlaştırılması sonucu gravimetrik olarak; erimiş katı maddeler, su örneği 589³ no'lu mavi bantlı filtre kağıdından süzülüp buharlaştırıldıktan sonra gravimetrik olarak (U.S. Salinity Lab.Staff, 1954); sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), formül yardımıyla hesaplanarak bulundu (U.S. Salinity Lab.Staff, 1954). Sulama suyu kalitesi; saptanan EC ve SAR sayısal verileri sulama suları sınıflandırma diyagramına uyarlanarak belirlendi (U.S. Salinity Lab.Staff, 1954). Ağır metaller ve iz elementlerden demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kobalt (Co), nikel (Ni), kurşun (Pb), yer altı su örneklerinin buharlaştırılarak 10 kat derişik hale getirildikten sonra örneklerin atomik absorbsiyon spektrofotometre (AAS) cihazında okunmasıyla analiz edildi (Kick ve ark., 1980; Slavin, 1968).

Analizlerden elde edilen sonuçlar uluslar arası standartlara göre değerlendirildi.

Çizelge 1. Yer altı su örneklerinin alındığı kuyulara ilişkin bazı özellikler

Kuyu no	Koordinatı N/E (der:dk:sn)	Kuyu derinliği (m)	Çalışma sistemi
1	38:36:50.2-27:04:26.7	103	Elektrikli Motopomp
2	38:34:50.1-27:03:49.7	180	Elektrikli motopomp
3	38:36:45.7-27:01:06.0	110	Elektrikli motopomp
4	38:36:59.5-26:59:01.9	>100	Elektrikli motopomp
5	38:38:07.1-27:00:33.8	120	Elektrikli motopomp
6	38:37:43.5-27:03:36.6	9.5	Elektrikli motopomp
7	38:37:12.9-27:02:47.2	12.5	Tulumba
8	38:35:24.3-27:01:12.9	18	Tulumba
9	38:34:46.8-26:59:01.0	15	Tulumba
10	38:34:46.8-26:59:01.1	50	Elektrikli motopomp
11	38:36:30.6-26:56:24.5	40	Elektrikli motopomp
12	38:36:07.3-26:55:32.4	160	Elektrikli motopomp
13	38:34:38.8-26:59:07.6	55	Elektrikli motopomp
14	38:33:46.7-27:00:03.6	110	Elektrikli motopomp
15	38:32:14.0-26:54:39.5	70	Tulumba
16	38:32:58.5-26:56:20.7	62.5	Elektrikli motopomp
17	38:33:08.3-26:58:13.9	125	Elektrikli motopomp
18	38:34:13.3-27:02:13.7	80	Elektrikli motopomp
19	38:34:07.4-27:02:21.0	15	Elektrikli motopomp
20	38:33:26.7-27:01:20.8	120	Elektrikli motopomp
21	38:32:08.5-27:00:07.0	100	Elektrikli motopomp

Kuyu no	Koordinatı N/E (der:dk:sn)	Kuyu derinliği (m)	Çalışma sistemi
22	38:30:09.8-26:59:26.4	35	Elektrikli motopomp
23	38:29:48.9-26:56:38.0	240	Elektrikli motopomp
24	Alınamadı	18	Tulumba
25	Alınamadı	22	Tulumba
26	Alınamadı	15	Keson kuyu
27	Alınamadı	50	Tulumba
28	Alınamadı	70	Tulumba
29	Alınamadı	80	Elektrikli motopomp
30	Alınamadı	120	Elektrikli motopomp
31	38:36:30.6-26:56:24.5	100	Elektrikli motopomp
32	38:37:43.5-27:03:36.6	9	Tulumba
33	38:33:26.7-27:01:20.8	39	Dizel motopomp
34	38:32:08.5-27:00:07.0	35	Tulumba
35	38:34:54.7-27:01:46.4	70	Elektrikli motopomp

4. Bulgular

Birinci (02-05 Mayıs 2002) ve II. dönemde (10-17 Eylül 2002) alınan yer altı suyu örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2 ve 3'te; ağır metal ve bor içerikleri Çizelge 4 ve 5'te sunulmuştur. Sulama sezonu öncesine göre sulama sezonu sonu ağır metal miktarlarının değişimi ise Şekil 2-4'te verilmektedir.

5. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

5.1. Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Sulama suyu kalitesi için gerekli analiz sonuçlarının verildiği Çizelge 2’de, I. dönemde alınan 33 adet yer altı suyu örneğinde buharlaştırma kalıntısı verilerinin 310-7500 mg/l; çözünmüş katı madde analiz sonuçlarının da 250-7300 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Sulama sistemlerinin kurulmasında ve çalıştırılmasında suda çözünmüş maddelerin mutlaka göz önünde tutulması gereklidir. Sulama sularında çözünmüş maddelerin toplamı 500 mg/l veya daha az ise damla sulama sistemlerinde sorun yaratmaz. Bu değer 500-2000 mg/l arasında olduğunda riskli; 2000 mg/l’den fazla olduğunda ise sulama sistemlerine zarar verir (Ayers and Westcod, 1989). I. dönem örneklerinden 15, 16, 22 no’lu örneklerin çözünmüş katı maddeler miktarları 2000 mg/l’nin üzerinde olduğu için damla sulama sistemlerinde kullanılmamaları gerekir.

Altınbaş ve ark. (1996), Saruhanlı Ovası derin kuyu su örneklerinde yaptıkları araştırmada, buharlaştırma kalıntısını 280-7088 mg/l; çözünmüş katı maddeleri de 152-2604 mg/l değerleri arasında saptamışlardır.

Araştırma yöresi I. dönem örneklerinin pH’ları 6.99-8.05 değerleri arasında saptanmıştır. Bu verilere göre, I. dönem yer altı suyu örneklerinin tepkimeleri nötr ve orta alkalin arasında değişim göstermektedir. Sulama sularında pH değeri 6.5-8.4 arasında olduğunda herhangi bir olumsuzluk yaratmamaktadır (Ayers and Westcot, 1989). Menemen yer altı sularına ait I. dönem örneklerinin alındığı kaynakların, pH yönünden sulama suyu olarak sorunları olmadığı söylenebilir.

İzmir’in bazı ilçelerindeki yer altı su kaynaklarının kalitelerinin saptanması için yapılan bir başka araştırmada, Narlıdere ilçesi yer altı suyu örneklerinde pH değerinin 6.24-7.66 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Asaroğlu ve ark., 1999).

I. dönem yer altı suyu örneklerinin EC değerleri 430 (3 no’lu örnek)-11500 (22 no’lu örnek) $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değişim göstermektedirler. Elektriksel iletkenliklerine göre, I. dönem su örneklerinin % 21.21’i C2 (EC: 250-750 $\mu\text{mhos/cm}$) tuzluluk sınıfı olan orta tuzlu sulama suyu sınıfı içerisinde yer almaktadır. Tuzluluk yönünden, geçirgenliği çok düşük olan topraklar dışında yıkanma gereksinimi olmaksızın sulama suyu olarak rahatlıkla kullanılabilirler. Bu dönemde C3 (EC: 750-2250 $\mu\text{mhos/cm}$) tuzluluk sınıfına giren orta dereceden yüksek dereceye kadar tuz içeren suların oranı % 63.64’tür.

Çizelge 2. Menemen Ovası yer altı sularının I. dönem sulama suyu temel kalite özellikleri

Kuyu No	Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)	Çözülmüş katı madde (mg/l)	pH	ECx10 ⁶	KATYONLAR (me/l)			Kasyon toplamı (me/l)	ANYONLAR (me/l)			Anyon toplamı (me/l)	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻			
1	800	550	7.14	850	2.14	0.10	6.50	8.74	2.38	3.60	2.62	8.60	1.18	C3S1
2	1050	810	6.99	1320	3.39	0.32	9.90	13.61	3.57	7.40	2.36	13.33	1.52	C3S1
3	290	250	7.86	430	2.19	0.15	2.20	4.54	0.69	3.20	0.54	4.43	2.08	C2S1
4	I. dönemde örnek alınamamıştır													
5	410	400	7.29	620	2.61	0.20	3.40	6.21	1.39	3.60	1.39	6.38	2.00	C2S1
6	900	850	7.32	1300	3.31	0.32	9.40	13.03	0.79	4.80	7.69	13.28	1.53	C3S1
7	800	760	7.27	1250	4.32	0.37	7.92	12.61	1.79	5.50	5.48	12.77	2.17	C3S1
8	1050	910	7.21	1400	4.59	2.92	6.72	14.23	1.39	8.00	4.51	13.90	2.51	C3S1
9	600	460	7.27	700	2.88	0.22	4.18	7.28	1.39	3.80	1.92	7.11	2.00	C2S1
10	1000	910	7.79	1550	8.87	0.32	6.28	15.47	7.74	5.80	2.03	15.57	5.01	C3S2
11	1875	1750	7.36	2930	12.50	0.65	16.24	29.39	21.81	6.00	1.97	29.78	4.39	C4S2
12	350	250	7.18	450	0.54	0.02	3.88	4.44	1.39	1.60	1.71	4.70	0.39	C2S1
13	550	450	7.44	720	4.64	0.35	2.36	7.35	0.79	4.80	1.68	7.27	4.30	C2S1
14	750	640	7.44	1050	5.14	0.20	4.70	10.04	3.57	5.00	1.51	10.08	3.36	C3S1
15	2150	2050	7.75	3290	28.35	0.60	4.44	33.39	15.87	17.00	0.57	33.44	19.03	C4S4
16	2980	2900	8.05	4670	36.58	0.75	9.20	46.53	33.77	9.10	2.96	45.83	17.09	C4S4
17	750	740	7.61	1140	6.30	0.20	5.16	11.66	3.57	5.90	1.61	11.08	3.91	C3S1
18	1050	930	7.38	1500	6.77	0.20	7.82	14.79	4.56	7.80	2.53	14.89	3.42	C3S1

Çizelge 2'nin devamı

Kuyu No	Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)	Çözülmüş katı madde (mg/l)	pH	ECx10 ⁶	KATYONLAR (me/l)			Kasyon toplamı (me/l)	ANYONLAR (me/l)			Anyon toplamı (me/l)	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻			
19	1200	1180	7.24	2000	4.72	0.67	14.84	20.23	2.97	12.60	4.71	20.28	1.73	C3S1
20	1150	950	7.44	1500	7.24	0.15	7.54	14.93	5.55	5.60	3.70	14.85	3.73	C3S1
21	1250	1200	7.63	1790	9.34	0.15	8.08	17.57	7.74	5.80	3.89	17.43	4.65	C3S2
22	7500	7300	7.74	11500	88.06	1.30	26.56	115.92	103.17	11.80	1.17	116.14	24.19	C4S4
23	1750	1650	7.80	2700	25.41	0.25	2.00	27.66	7.97	14.60	4.77	27.34	25.41	C4S4
24	1240	1200	7.06	1790	5.14	0.30	12.32	17.76	2.38	10.20	5.40	17.98	2.07	C3S1
25	I. dönemde örnek alınamamıştır													
26	310	300	7.06	434	1.75	0.22	2.64	4.61	0.20	2.80	1.38	4.38	1.52	C2S1
27	920	840	7.34	1300	2.02	0.20	10.50	12.72	2.58	6.40	3.57	12.55	0.88	C3S1
28	830	750	7.31	1150	4.20	0.20	7.40	11.80	1.98	4.20	5.24	11.42	2.18	C3S1
29	1280	1200	7.57	1840	8.00	0.20	10.08	18.28	1.20	9.60	7.78	18.58	3.57	C3S1
30	700	620	7.13	930	3.70	0.12	5.24	9.06	1.19	4.40	3.78	9.37	2.28	C3S1
31	1050	900	7.06	1400	4.09	0.12	9.52	13.73	2.58	6.80	4.46	13.84	1.88	C3S1
32	650	500	7.04	800	1.87	0.17	6.62	8.66	1.60	3.60	3.02	8.22	1.03	C3S1
33	500	470	7.33	700	1.83	0.17	4.94	6.94	0.60	2.60	4.18	7.38	1.17	C2S1
34	700	610	7.74	980	2.76	0.07	7.08	9.91	0.40	4.80	4.28	9.48	1.47	C3S1
35	650	610	7.33	890	3.97	0.20	4.44	8.61	1.59	4.80	1.91	8.30	2.66	C3S1

Çizelge 3. Menemen Ovası yer altı sularının II. dönem sulama suyu temel kalite özellikleri

Kuyu No	Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)	Çözülmüş katı madde (mg/l)	pH	ECx10 ⁶	KATYONLAR (me/l)			Kasyon toplamı (me/l)	ANYONLAR (me/l)			Anyon toplamı (me/l)	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻			
1	600	510	7.11	800	1.42	0.08	6.72	8.22	2.18	5.10	1.03	8.31	0.77	C3S1
2	1050	950	6.96	1480	3.29	0.28	11.86	15.43	5.25	6.50	2.28	14.03	1.35	C3S1
3	370	300	7.56	510	2.12	0.13	3.10	5.35	1.09	4.10	0.57	5.76	0.95	C2S1
4	1400	1050	7.10	1700	5.94	0.28	9.92	16.14	10.71	5.0	1.05	16.76	2.66	C3S1
5	480	400	7.40	620	2.10	0.18	4.42	6.7	2.28	3.8	0.68	6.76	1.41	C2S1
6	1010	780	7.24	1220	2.7	0.31	9.80	12.81	1.98	7.0	3.62	12.6	1.22	C3S1
7	910	900	7.22	1430	3.27	0.36	11.16	14.79	2.38	8.1	4.3	14.78	1.38	C3S1
8	780	760	7.24	1200	3.37	1.7	7.40	12.47	2.08	8.0	2.54	12.62	1.75	C3S1
9	520	450	7.42	730	2.36	0.2	4.98	7.54	1.88	4.2	1.3	7.38	1.49	C2S1
10	740	600	7.65	980	6.55	0.2	2.76	9.51	3.76	5.4	0.33	9.49	5.6	C3S1
11	1550	1500	7.42	2400	10.7	0.2	12.66	23.56	15.67	6.2	1.27	23.14	4.26	C4S1
12	330	300	7.59	480	0.79	0.08	3.96	4.83	1.09	3.4	0.55	5.04	0.56	C2S1
13	450	440	7.56	700	3.88	0.31	2.96	7.15	1.78	5.4	0.14	7.32	3.18	C2S1
14	800	600	7.41	1000	4.88	0.13	4.86	9.87	4.76	4.8	0.99	10.55	3.13	C3S1
15	1920	1850	7.19	3000	11.18	0.54	17.60	29.32	21.72	8.5	0.5	30.72	3.76	C4S1
16	2800	2750	7.52	4420	14.9	0.64	27.64	43.18	34.12	9.0	0.22	43.34	4.0	C4S1
17	1120	1070	7.57	1720	8.82	0.28	7.72	16.82	9.32	7.8	0.56	17.68	4.5	C3S1
18	890	700	7.4	1160	6.19	0.13	4.86	11.18	5.55	5.8	0.55	11.9	3.97	C3S1

Çizelge 3'ün devamı

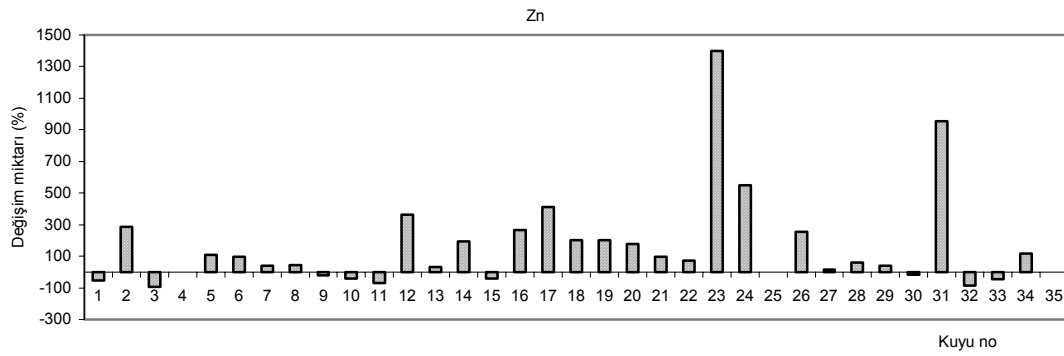
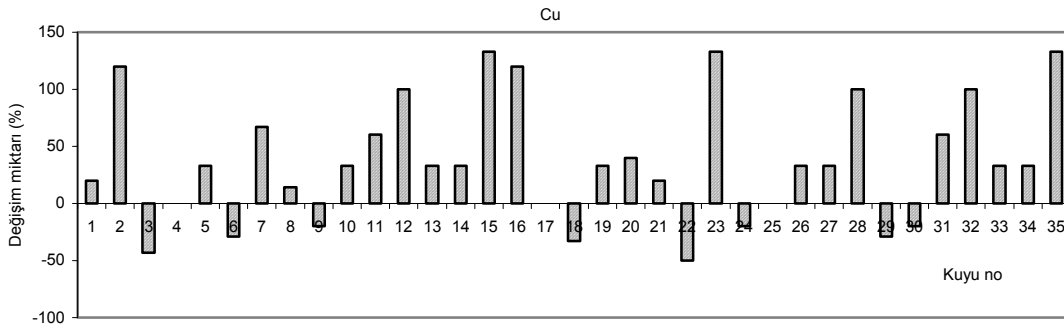
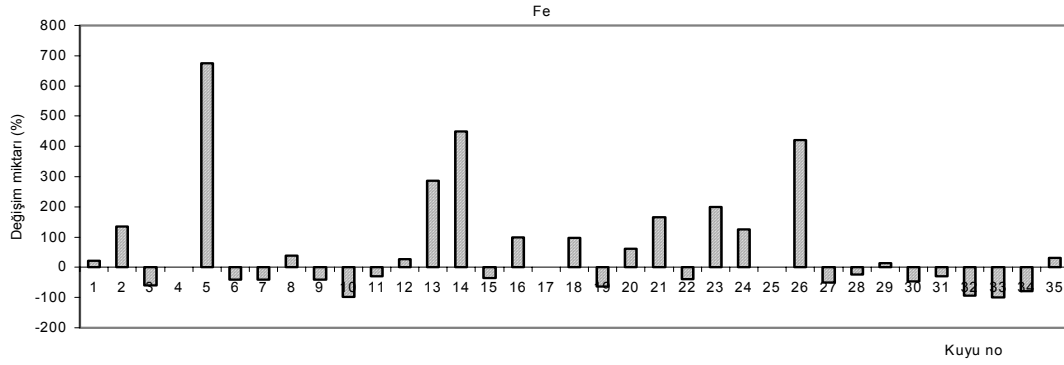
Kuyu No	Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)	Çözülmüş katı madde (mg/l)	pH	ECx10 ⁶	KATYONLAR (me/l)			Kasyon toplamı (me/l)	ANYONLAR (me/l)			Anyon toplamı (me/l)	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻			
19	1300	1150	7.14	1720	6.67	0.31	10.82	17.8	3.17	9.6	4.76	17.53	2.86	C3S1
20	1120	950	7.31	1450	6.19	0.13	7.76	14.08	8.23	5.4	0.99	14.62	3.14	C3S1
21	1190	1000	7.7	1600	7.86	0.13	8.62	16.61	9.72	5.8	0.74	16.26	3.78	C3S1
22	1440	1370	7.58	2180	7.74	0.54	13.2	21.48	16.76	4.8	0.15	21.71	3.01	C3S1
23	2100	2010	7.89	3180	11.68	0.36	19.92	31.96	17.85	12.8	0.63	31.28	3.7	C4S2
24	1120	1040	6.99	1620	4.53	0.31	12.02	16.86	2.67	10.3	3.53	16.5	1.85	C3S1
25	540	500	6.83	810	2.66	0.28	5.8	8.74	1.68	5.2	1.54	8.42	1.56	C3S1
26	410	360	7.02	590	2.06	0.28	4.14	6.48	1.19	3.2	1.42	5.81	1.43	C2S1
27	860	770	6.8	1190	1.79	0.18	9.28	11.25	3.57	6.8	1.37	11.74	0.83	C3S1
28	720	710	7.19	1100	3.17	0.15	8.28	11.6	2.77	6.8	2.0	11.57	1.56	C3S1
29	1410	1350	6.97	2180	5.48	0.18	15.76	21.42	15.47	4.6	0.98	21.05	1.95	C3S1
30	570	550	7.28	850	2.9	0.13	5.68	8.71	2.28	6.3	0.48	9.06	1.73	C3S1
31	930	870	6.96	1400	3.77	0.1	10.0	13.87	5.35	6.2	2.6	14.15	1.68	C3S1
32	700	620	6.85	950	2.06	0.13	8.26	10.45	2.87	4.6	2.71	10.18	1.01	C3S1
33	480	400	6.88	640	1.47	0.1	4.92	6.49	1.88	4.2	0.67	6.75	0.94	C2S1
34	620	560	7.17	900	2.3	0.08	6.72	9.1	1.78	5.4	2.11	9.29	1.26	C3S1
35	570	520	7.33	800	3.29	0.18	5.04	8.51	2.48	5.3	0.55	8.33	2.07	C3S1

Çizelge 4. Yer altı su örneklerinin I. dönem ağır metal konsantrasyonları

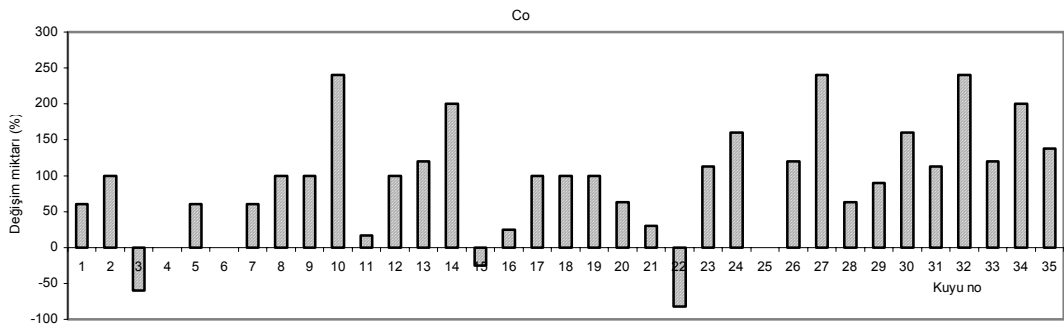
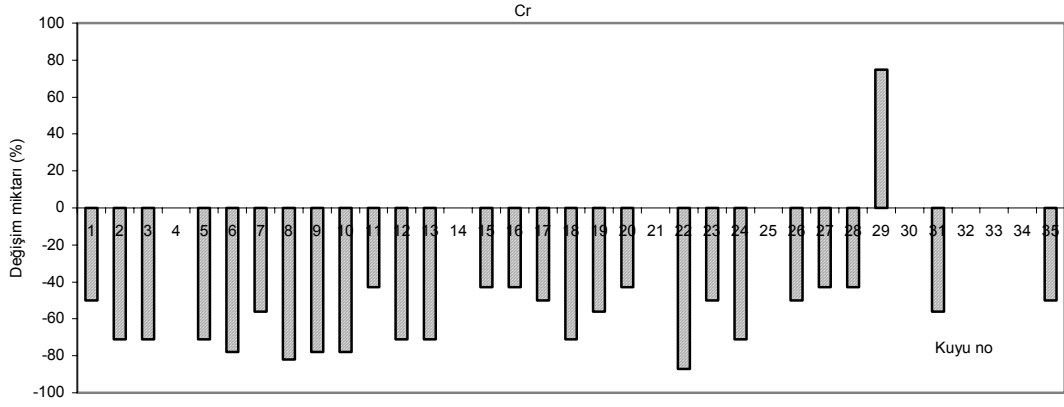
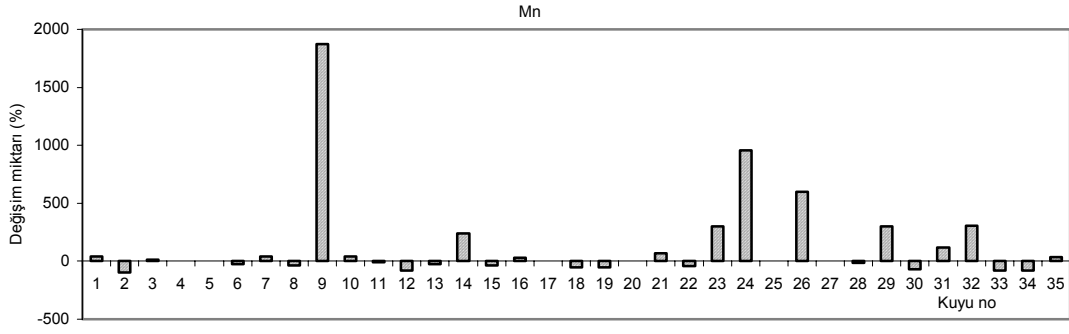
Kuyu no	Ağır metal konsantrasyonu (mg/l)									
	Fe	Cu	Zn	Mn	Cr	Co	Cd	Ni	Pb	Bor
1	0.032	0.005	0.950	0.005	0.004	0.005	0.001	0.006	0.017	Iz
2	0.014	0.005	0.020	0.097	0.007	0.005	0.001	0.010	0.017	Iz
3	0.066	0.007	0.198	0.021	0.007	0.015	0.002	0.006	0.030	iz
4	I. dönemde örnek alınamamıştır									
5	0.008	0.003	0.021	0.003	0.007	0.005	0.001	0.004	0.013	Iz
6	1.820	0.007	0.028	1.184	0.009	0.008	0.001	0.006	0.009	Iz
7	0.066	0.003	0.040	0.258	0.009	0.005	0.001	0.006	0.009	0.06
8	0.104	0.007	0.021	0.494	0.011	0.005	0.001	0.006	0.013	Iz
9	0.058	0.005	0.054	0.012	0.009	0.005	0.001	0.004	0.013	Iz
10	0.294	0.003	0.007	0.054	0.009	0.005	0.001	0.004	0.009	Iz
11	1.200	0.005	0.617	0.082	0.007	0.018	0.002	0.012	0.017	0.06
12	0.032	0.003	0.020	0.012	0.007	0.005	0.001	0.004	0.013	0.01
13	0.124	0.003	0.039	0.328	0.007	0.005	0.001	0.004	0.013	Iz
14	0.012	0.003	0.024	0.005	0.004	0.005	0.002	0.004	0.013	Iz
15	0.714	0.003	0.281	0.566	0.007	0.020	0.002	0.004	0.009	0.01
16	0.078	0.005	0.495	0.509	0.007	0.020	0.003	0.006	0.013	0.06
17	0.130	0.005	0.008	0.125	0.004	0.005	0.001	0.006	0.013	0.20
18	0.036	0.003	0.031	0.290	0.007	0.005	0.001	0.006	0.009	0.01
19	0.022	0.003	0.001	0.517	0.009	0.005	0.001	0.006	0.013	0.05
20	0.070	0.005	0.048	0.044	0.007	0.008	0.001	0.006	0.009	0.06
21	0.396	0.005	0.121	0.039	0.004	0.010	0.001	0.004	0.009	0.30
22	0.288	0.010	0.653	0.232	0.015	0.085	0.013	0.032	0.030	0.10
23	0.004	0.003	0.001	0.002	0.004	0.008	0.002	0.006	0.009	0.60
24	0.004	0.005	0.002	0.020	0.007	0.005	0.001	0.004	0.013	0.10
25	I. dönemde örnek alınamamıştır									
26	0.024	0.003	0.026	0.002	0.004	0.005	0.001	0.004	0.009	Iz
27	0.078	0.003	0.023	0.005	0.007	0.005	0.002	0.004	0.013	Iz
28	0.042	0.003	0.034	0.008	0.007	0.008	0.001	0.008	0.022	0.05
29	0.036	0.007	0.032	0.002	0.004	0.010	0.001	0.008	0.009	Iz
30	0.090	0.005	0.036	0.144	0.004	0.005	0.001	0.008	0.009	Iz
31	0.038	0.005	0.038	0.005	0.009	0.008	0.001	0.004	0.013	Iz
32	1.440	0.003	1.353	0.026	0.004	0.005	0.001	0.004	0.009	Iz
33	1.480	0.003	0.024	0.016	0.007	0.005	0.001	0.004	0.017	Iz
34	0.092	0.003	0.011	0.959	0.004	0.005	0.001	0.004	0.013	Iz
35	0.016	0.012	0.059	0.003	0.004	0.008	0.002	0.004	0.009	Iz

Çizelge 5. Yer altı su örneklerinin II. dönem ağır metal konsantrasyonları

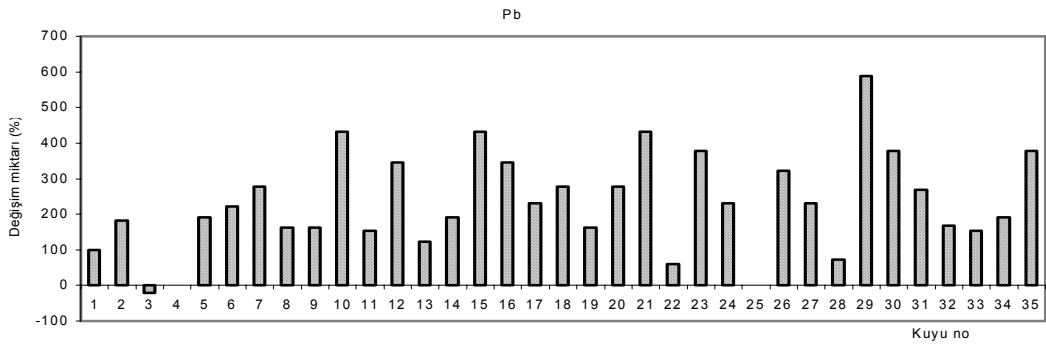
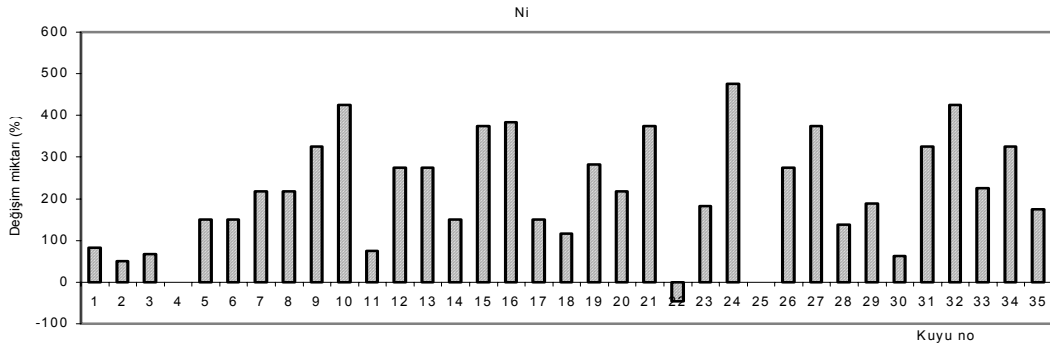
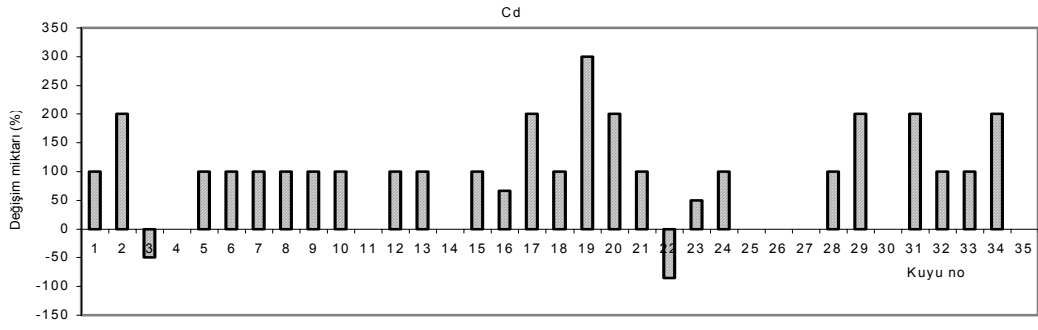
Kuyu no	Ağır metal konsantrasyonu (mg/l)									
	Fe	Cu	Zn	Mn	Cr	Co	Cd	Ni	Pb	Bor
1	0.039	0.006	0.438	0.007	0.002	0.008	0.002	0.011	0.034	iz
2	0.033	0.011	0.077	0.004	0.002	0.010	0.003	0.015	0.048	iz
3	0.027	0.004	0.014	0.024	0.002	0.006	0.001	0.010	0.024	iz
4	0.242	0.014	0.025	0.174	0.007	0.010	0.003	0.013	0.048	iz
5	0.062	0.004	0.044	0.003	0.002	0.008	0.002	0.010	0.038	iz
6	1.065	0.005	0.055	0.873	0.002	0.008	0.002	0.015	0.029	iz
7	0.039	0.005	0.056	0.362	0.004	0.008	0.002	0.019	0.034	iz
8	0.143	0.008	0.030	0.305	0.002	0.010	0.002	0.019	0.034	iz
9	0.035	0.004	0.042	0.237	0.002	0.010	0.002	0.017	0.034	iz
10	0.008	0.004	0.004	0.075	0.002	0.017	0.002	0.021	0.048	iz
11	0.855	0.008	0.186	0.073	0.004	0.021	0.002	0.021	0.043	iz
12	0.041	0.006	0.093	0.002	0.002	0.010	0.002	0.015	0.058	iz
13	0.480	0.004	0.051	0.236	0.002	0.011	0.002	0.015	0.029	iz
14	0.066	0.004	0.070	0.017	0.004	0.015	0.002	0.010	0.038	iz
15	0.462	0.007	0.163	0.362	0.004	0.015	0.004	0.019	0.048	0.16
16	0.155	0.011	1.824	0.667	0.004	0.025	0.005	0.029	0.058	0.20
17	0.131	0.005	0.041	0.128	0.002	0.010	0.003	0.015	0.043	iz
18	0.071	0.002	0.094	0.140	0.002	0.010	0.002	0.013	0.034	iz
19	0.008	0.004	0.003	0.254	0.004	0.010	0.004	0.023	0.034	0.16
20	0.113	0.007	0.134	0.044	0.004	0.013	0.003	0.019	0.034	iz
21	1.050	0.006	0.237	0.065	0.004	0.013	0.002	0.019	0.048	0.30
22	0.177	0.005	1.130	0.140	0.002	0.015	0.002	0.017	0.048	iz
23	0.012	0.007	0.015	0.008	0.002	0.017	0.003	0.017	0.043	0.7
24	0.009	0.004	0.013	0.211	0.002	0.013	0.002	0.023	0.043	iz
25	0.405	0.006	0.093	0.036	0.002	0.013	0.002	0.017	0.038	iz
26	0.125	0.004	0.092	0.014	0.002	0.011	0.001	0.015	0.038	iz
27	0.039	0.004	0.027	0.005	0.004	0.017	0.002	0.019	0.043	iz
28	0.032	0.006	0.054	0.007	0.004	0.013	0.002	0.019	0.038	iz
29	0.041	0.005	0.044	0.008	0.007	0.019	0.003	0.023	0.062	iz
30	0.048	0.004	0.030	0.042	0.004	0.013	0.001	0.013	0.043	iz
31	0.027	0.008	0.400	0.011	0.004	0.017	0.003	0.017	0.048	iz
32	0.092	0.006	0.218	0.106	0.004	0.017	0.002	0.021	0.024	iz
33	0.021	0.004	0.013	0.003	0.007	0.011	0.002	0.013	0.043	iz
34	0.020	0.004	0.024	0.196	0.004	0.015	0.003	0.017	0.038	iz
35	0.021	0.028	0.058	0.004	0.002	0.019	0.002	0.011	0.043	iz



Şekil 2. Sulama sezonu sonunda, sulama sezonu öncesine göre kuyu sularındaki Fe, Cu ve Zn miktarlarının değişimi



Şekil 3. Sulama sezonu sonunda, sulama sezonu öncesine göre kuyu sularındaki Mn, Cr ve Co miktarlarının değişimi



Şekil 4. Sulama sezonu sonunda, sulama sezonu öncesine göre kuyu sularındaki Cd, Ni ve Pb miktarlarının değişimi

C3 sınıfına dahil olan sular, elverişli drenaj koşullarına sahip topraklarda, kontrollü olarak ve tuza orta dereceden iyi dereceye kadar dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesinde sulama suyu olarak kullanılabilirler. Su örneklerinin %15.15'i C4 (EC>2250 µmhos/cm) tuzluluk sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tuz içeren bu suların sulama suyu olarak kullanılmaması gerekir (U. S. Salinity Lab. Staff.,1954).

Balçova yöresi kuyu sularında yapılan bir diğer araştırmada, kuyu sularının elektriksel iletkenliklerinin 425-5500 µmhos/cm değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuyu sularının EC'leri haziran ayında daha düşük değerlerde iken, ağustos ayında daha yüksek değerlerde analiz edilmiştir. Bunun nedeninin kuyu sularındaki su düzeyinin alçalması ile bir miktar deniz suyunun kuyulara karışmasından ileri geldiği bildirilmiştir (Saatçı ve ark., 1973).

Birinci dönem yer altı sularının toplam çözünmüş katyon içerikleri 4.44-115.92 me/l arasında saptanmıştır. Suda çözünmüş katyonlardan Na⁺ 0.54-88.06 me/l; K⁺ 0.02-2.92 me/l; Ca²⁺+Mg²⁺ 2.00-26.56 me/l değerleri arasında değişim göstermektedir. Katyonların suların bileşimlerinde bulunma durumları ortalama dağılımlarına göre Na⁺>Ca²⁺+Mg²⁺>K⁺ sırasını izlemektedir.

Araştırma yöresi yer altı suyu I. dönem örneklerinde, suda çözünmüş toplam anyon verileri 4.38-116.14 me/l sınırları arasında saptanmıştır. Anyonlardan HCO₃⁻ 1.60-17.00 me/l; Cl⁻ 0.20-103.17 me/l; SO₄²⁻ 0.54-7.78 me/l değerleri arasındadır. Suların bileşiminde yer alan anyonların ortalama dağılımları Cl⁻>HCO₃⁻>SO₄²⁻ şeklinde sıralanmaktadır. I. dönem örneklerinde CO₃²⁻ iyonunun bulunmadığı belirlenmiştir.

Klor içeriği yönünden örneklerin % 72.73'ünün yüzey sulaması için sınır değer olan 4 me/l'nin altında; % 15.15'inin kullanımı kısıtlayıcı etkisi olan 4-10 me/l arasında; % 12.12'sinin ise kullanımı engelleyen sınır değer olan 10 me/l'nin üzerinde Cl⁻ içerdiği Çizelge 2'den görülmektedir. Klor, toprakta tutulmadığı için, toprak suyu ile kolaylıkla hareket eder ve bitkilerce alınarak yapraklarda birikir. Yaprakların yanması ya da yaprak hücrelerinin kurumması şeklinde etkisini gösterir (Ayers and Westcod, 1989).

Birinci dönem su örneklerinin SO₄²⁻ içerikleri, sulama sularında izin verilebilir SO₄²⁻ sınır değeri olan 576 mg/l'den düşüktür. Sülfat içerikleri yönünden, sulama suyu olarak kullanılmalarında bir sakınca bulunmamaktadır.

Birinci dönem yer altı sularının, Na⁺'un (me/l) , Ca²⁺+Mg²⁺ (me/l) değerine oranlanarak bulunan sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri 0.39-25.41 arasında

belirlenmiştir. Örneklerin SAR değeriyle saptanan sodyum sınıflamasına göre % 78.79'u S1 sınıfı düşük sodyumlu; % 9.09'u S2 sınıfı orta sodyumlu; % 12.12'si S4 sınıfı çok yüksek sodyumlu sulardır (U. S. Salinity Lab. Staff, 1954). Orta sodyumlu sular, toprakta Jips'in ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bulunmadığı durumlarda ve yetersiz yıkanma koşulları altında, yüksek katyon değişim kapasitesine sahip kil bünyeli topraklarda, önemli ölçüde sodyum zararı oluşturabilirler. Geçirgenlikleri yüksek kum bünyeli topraklar ile organik topraklarda sodyum zararı oluşturmaksızın kullanılabilirler. Çok yüksek sodyumlu (S4) sular, düşük ve orta derecede tuzluluk koşulları dışında genel olarak sulamada kullanılamazlar. Toprakta çözünebilir kalsiyumun bulunması, jips ya da diğer ıslah maddelerinin sulama suyu ile birlikte uygulanmaları durumunda, sulama suyu olarak kısıtlı oranlarda kullanılabilirler (Tuncay, 1994).

Menemen Ovası'nda bulunan yer altı su kaynaklarından I. dönemde alınan su örneklerinin % 21.21'i C2S1 (orta tuzlu düşük sodyumlu); % 57.58'i C3S1 (orta dereceden yüksek dereceye kadar tuzlu düşük sodyumlu); % 6.06'sı C3S2 (orta dereceden yüksek dereceye kadar tuzlu ve orta sodyumlu); % 3.03'ü C4S2 (çok yüksek tuzlu orta sodyumlu); % 12.12'si C4S4 (çok yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu) sulama suyu sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Araştırma yöresi yer altı sularından I. dönem örneklerinden C2S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer alan orta tuzlu düşük sodyumlu su örnekleri olan 3, 5, 9, 12, 13, 26 ve 33 no'lu örneklerin alındığı yer altı suyu kaynakları, tuzluluk denetimi ve özel toprak idaresine gereksinim olmadan sulama suyu olarak kullanılabilirler. Geçirgenliği çok düşük kil bünyeli topraklarda, tuza duyarlı bitkiler için yıkama gereksinimi olabilir. C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer alan orta dereceden yüksek dereceye kadar çözünebilir tuz içeren ve düşük sodyumlu sular olan 1, 2, 6, 7, 8, 14, 17, 18, 19, 20, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34 ve 35 no'lu örnekler ile, C3S2 sulama suyu içerisinde yer alan orta dereceden yüksek dereceye kadar çözünebilir tuz içeren ve orta sodyumlu sular olan 10 ve 21 no'lu su örneklerinin alındığı yer altı suyu kaynakları, geçirgenliği düşük ve drenajı yetersiz topraklarda sulama suyu olarak kullanılmaları durumunda, toprakta zamanla tuzluluk sorunu yaratabilirler. Drenajı iyi topraklarda, tuza orta dereceden yüksek dereceye kadar dayanıklı bitkiler seçilerek, özel toprak idaresi ile ve denetimli olarak kullanılmaları mümkün olabilir. C4S2 sulama suyu sınıfında yer alan, çok yüksek tuzlu orta sodyumlu 11 no 'lu su örneği ile, C4S4 sulama suyu sınıfına giren çok

yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu sular olan 15, 16, 22 ve 23 no 'lu su örneklerinin alındığı yer altı suyu kaynakları, sulama suyu olarak kullanılmamalıdır.

Çizelge 3'te görüldüğü gibi, II. dönemde alınan 35 adet yer altı suyu örneğinde; buharlaştırma kalıntısı verileri 330-2800 mg/l; çözünmüş katı maddeler verileri de 300-2750 mg/l arasında belirlenmiştir. Daha önce de bildirildiği gibi, sulama sistemlerinin kurulmasında ve çalıştırılmasında suda çözünmüş maddelerin 2000 mg/l'den yüksek olması durumunda sulama sistemlerine zarar verebilmektedir. II. dönem örneklerinden 16 ve 23 no'lu örneklerin çözünebilir katı madde miktarlarının 2000 mg/l'nin üzerinde olmaları nedeniyle, damla sulama sistemlerinde kullanılmamaları gerekir.

Sulama mevsimi sonunda alınan örneklerde, suların aktif H⁺ iyonu konsantrasyonunu gösteren pH 6.80-7.89 değerleri arasındadır. Bu verilere göre, II. dönem yer altı suyu örneklerinin tepkimeleri nötr ve hafif alkali arasında değişim göstermektedir. Daha önce de bildirildiği gibi, sulama sularında pH değeri 6.5-8.4 arasında olduğunda sulama yönünden sorun yaratmamaktadır. Buna göre, Menemen Ovası yer altı suları II. dönem örneklerinin alındığı kaynakların, sulama suyu olarak pH yönünden sorunları bulunmamaktadır.

Suların EC değeri, içerdikleri çözünmüş olan iyonların toplamından kaynaklanır. II. dönem yer altı suyu örneklerinin EC değerleri 480 (12 no'lu örnek)-4420 (16 no'lu örnek) µmhos/cm arasında değişim göstermektedir. Elektriksel iletkenliklerine göre, su örneklerinin % 20'si C2 (EC: 250-750 µmhos/cm) tuzluluk sınıfında yer almaktadır. Bu sınıf sular orta tuzlu sulama suyu sınıfında yer alırlar. Geçirgenliği çok düşük olan topraklar dışında yıkanma gereksinimi olmaksızın sulama suyu olarak kullanılabilirler. C3 (EC: 750-2250 µmhos/cm) tuzluluk sınıfına giren orta dereceden yüksek dereceye kadar tuz içeren suların oranı % 68.27'dir. Bu sınıf sular, elverişli drenaj koşullarına sahip topraklarda, denetimli olarak ve tuza orta dereceden iyi dereceye kadar dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesinde sulama suyu olarak kullanılabilirler. Su örneklerinin % 11.43'ü C4 (EC>2250 µmhos/cm) tuzluluk sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tuz içeren bu suların sulama suyu olarak kullanılmaması gerekir (U. S. Salinity Lab. Staff, 1954).

İkinci dönem yer altı sularının toplam katyon içerikleri 4.83-43.18 me/l arasında saptanmıştır. Suda çözülmüş katyonlardan Na⁺ 0.79-11.68 me/l; K⁺ 0.08-1.70 me/l;

$Ca^{2+}+Mg^{2+}$ 2.76-27.64 me/l değerleri arasında değişim göstermektedirler. Ortalama dağılımlarına göre $Ca^{2+}+Mg^{2+}>Na^+>K^+$ sırasını izlemektedirler.

Araştırma yöresi yer altı suyu örneklerinde (II. dönem), suda çözülmüş toplam anyon verileri 5.04-43.34 me/l sınırları arasında saptanmıştır. Anyonlardan HCO_3^- 3.20-12.80 me/l; Cl^- 1.09-34.12 me/l; SO_4^{2-} 0.48-4.76 me/l değerleri arasındadır. Anyonların ortalama dağılımları $Cl^->HCO_3^->SO_4^{2-}$ şeklinde sıralanmaktadır. II. dönem örneklerinde de I. dönem örneklerinde olduğu gibi CO_3^{2-} iyonu bulunmadığı belirlenmiştir.

Klor içeriği yönünden örneklerin % 60'ının yüzey sulaması için sınır değer olan 4 me/l'nin altında; % 20'sinin kullanımı kısıtlayıcı etkisi olan 4-10 me/l arasında; % 20'sinin ise kullanımı engelleyen sınır değer olan 10 me/l'nin üzerinde Cl^- içerdiği Çizelge 3'de görülmektedir.

Scofield'e göre sulama sularında izin verilebilir SO_4^{2-} sınır değeri 576 mg/l ve aşağısıdır (Tuncay, 1994). Su örneklerinin SO_4^{2-} içerikleri belirtilen sınır değerinin altında ve sulama suyu olarak kullanılmalarını engellememektedir.

İkinci dönem yer altı sularının, Na^+ un (me/l) $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ (me/l) değerine oranlanmasıyla bulunan SAR değerleri 0.56-5.60 arasında belirlenmiştir. 23 no'lu örnek dışındaki tüm örnekler, SAR değeriyle saptanan sodyum sınıflamasına göre S1 sınıfı düşük sodyumlu sulardır. 23 no'lu örnek S2 sınıfı orta sodyumlu sular sınıfına girmektedir (U. S. Salinity Lab. Staff, 1954). Orta sodyumlu sular, toprakta Jips'in bulunmadığı durumlarda ve yetersiz yıkanma koşulları altında, yüksek katyon değişim kapasitesine sahip kil bünyeli topraklarda, önemli ölçüde sodyum zararı oluşturabilirler. Geçirgenlikleri yüksek kum bünyeli topraklar ile organik topraklarda sodyum zararı oluşturmaksızın kullanılabilirler (Tuncay, 1994). Toprakta değişebilir sodyum yüksek olduğunda, fiziko-kimyasal olaylara, özellikle de toprak stürüktürüne olumsuz etki yapar (Pescod, 1992).

Menemen Ovası'nda bulunan yer altı su kaynaklarından II. dönemde alınan su örneklerinin % 20'si C2S1 (orta tuzlu düşük sodyumlu); % 68.57'si C3S1 (orta dereceden yüksek dereceye kadar tuzlu düşük sodyumlu); % 8.57'si C4S1 (çok yüksek tuzlu düşük sodyumlu); % 2.86'si C4S2 (çok yüksek tuzlu orta sodyumlu) sulama suyu sınıfı içerisinde yer almaktadır. Bu analiz sonuçları da göstermektedir ki ovadaki yer altı sularının yaklaşık % 80 'lik bir bölümü sulama suyu niteliklerine ve özellikle tuz içerikleri yönüyle uygun değildirler.

Araştırma yöresinden II. dönemde alınan yer altı sularından C2S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer alan orta tuzlu düşük sodyumlu su örnekleri olan 3, 5, 9, 12, 13, 26 ve 33 no'lu örneklerin alındığı yer altı suyu kaynakları, tuzluluk denetimi ve özel toprak idaresine gereksinim olmadan sulama suyu olarak kullanılabilirler. Geçirgenliği çok düşük kil bünyeli topraklarda, tuza duyarlı bitkiler için yıkama gereksinimi olabilir. C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer alan orta dereceden yüksek dereceye kadar çözünebilir tuz içeren ve düşük sodyumlu sular olan 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25,27, 28, 29, 30, 31, 32, 34 ve 35 no'lu örneklerin alındığı yer altı suyu kaynakları, geçirgenliği düşük ve drenajı yetersiz topraklarda sulama suyu olarak kullanılmaları durumunda, toprakta zamanla tuzluluk sorunu yaratabilirler. Drenajı iyi topraklarda, tuza orta dereceden yüksek dereceye kadar dayanıklı bitkiler seçilerek, özel toprak idaresi ile ve denetimli olarak kullanmak mümkün olabilir. C4S1 sulama suyu sınıfı içerisinde ve çok yüksek tuzlu düşük sodyumlu sular olan 11, 15, 16 no'lu örnekler ile, C4S2 sulama suyu sınıfında yer alan çok yüksek tuzlu orta sodyumlu su olan 23 no 'lu su örneğinin alındığı yer altı suyu kaynakları, sulama suyu olarak kullanılmamalıdır.

Araştırma yöresi olan Menemen Ovası yer altı sularından, sulama başlangıcında ve sulama mevsimi sonunda alınan örneklerin analiz sonuçları birlikte irdelendiğinde, suda çözülmüş iyonların konsantrasyonlarının çoğunlukla birbirine benzediği Çizelge 2 ve 3'te görülmektedir. I. ve II. dönem örnekleri içerisinde, sulama suyu olarak kullanılmaması önerilen su kaynaklarından alınan su örnekleri aynı örneklerdir. Bunların örnek numaraları 11, 15, 16 ve 23'tür. I. dönemde C4S4 sınıfı, çok yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu sular sınıfında yer alan 22 no 'lu su örneği, II. dönemde C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde, orta dereceden yüksek dereceye kadar çözünebilir tuz içeren ve düşük sodyumlu sular sınıfında yer almıştır. Bu örnekte I. dönemde 11 500 $\mu\text{mhos/cm}$ olan EC değeri, II. dönemde 2180 $\mu\text{mhos/cm}$ 'ye; 88.06 me/l olan Na^+ değeri 7.74 me/l'ye; 103.17 me/l olan Cl^- değeri 16.76 me/l'ye düşmüştür. Bunun nedeni, I. dönem yer altı suyu örneklerinin alınması sırasında, 22 no'lu kuyunun bulunduğu yerin yakınında sanayi tesislerinin faaliyet göstermesidir. Büyük olasılıkla, bu sanayi tesislerinin atıklarının kuyu suyuna bulaşması nedeniyle, çözülmüş iyon değerlerinin yükselmiş olduğu söylenebilir. II. dönemde aynı kuyudan örnekleme yapıldığında ise bu

tesislerin faaliyetlerini durdurduğu gözlenmiştir. Bu durum sulama mevsimi sonu olmasına karşın, suda çözülmüş iyon konsantrasyonunda azalmaya neden olmuştur.

5.2. Ağır metaller

I. dönem alınan yer altı su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarını gösteren Çizelge 4 incelendiğinde, sulama öncesi dönemde; Fe konsantrasyonları 0.004 mg/l (24 no'lu kuyu) ile 1.82 mg/l (6 no'lu kuyu); Cu konsantrasyonları 0.003 mg/l (34 no'lu kuyu) ile 0.012 mg/l (35 no'lu kuyu); Zn konsantrasyonları 0.001 mg/l (23 no'lu kuyu) ile 1.353 mg/l (32 no'lu kuyu); Mn konsantrasyonları 0.002 mg/l (29 no'lu kuyu) ile 1.184 mg/l (6 no'lu kuyu); Cr konsantrasyonları 0.004 mg/l (35 no'lu kuyu) ile 0.015 mg/l (22 no'lu kuyu); Co konsantrasyonları 0.005 mg/l (34 no'lu kuyu) ile 0.085 mg/l (22 no'lu kuyu); Cd konsantrasyonları 0.001 mg/l (34 no'lu kuyu) ile 0.013 mg/l (22 no'lu kuyu); Ni konsantrasyonları 0.004 mg/l (35 no'lu kuyu) ile 0.032 mg/l (22 no'lu kuyu) ve Pb konsantrasyonları 0.009 mg/l (35 no'lu kuyu) ile 0.030 mg/l (3 no'lu kuyu) arasında değiştiği görülmektedir. B konsantrasyonu ise 19 kuyuda iz miktarda bulunurken en düşük değer 0.01 mg/l ile 18 no'lu kuyuda, en yüksek değer ise 0.60 mg/l ile 23 no'lu kuyuda ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde Çizelge 4 incelendiğinde, sulama sonrası dönemde; Fe konsantrasyonları 0.008 mg/l (19 no'lu kuyu) ile 1.065 mg/l (6 no'lu kuyu); Cu konsantrasyonları 0.002 mg/l (18 no'lu kuyu) ile 0.028 mg/l (35 no'lu kuyu); Zn konsantrasyonları 0.003 mg/l (19 no'lu kuyu) ile 1.824 mg/l (16 no'lu kuyu); Mn konsantrasyonları 0.002 mg/l (12 no'lu kuyu) ile 0.873 mg/l (6 no'lu kuyu); Cr konsantrasyonları 0.002 mg/l (35 no'lu kuyu) ile 0.007 mg/l (4 no'lu kuyu); Co konsantrasyonları 0.006 mg/l (3 no'lu kuyu) ile 0.025 mg/l (16 no'lu kuyu); Cd konsantrasyonları 0.001 mg/l (30 no'lu kuyu) ile 0.005 mg/l (16 no'lu kuyu); Ni konsantrasyonları 0.010 mg/l (14 no'lu kuyu) ile 0.029 mg/l (16 no'lu kuyu) ve Pb konsantrasyonları 0.024 mg/l (32 no'lu kuyu) ile 0.062 mg/l (29 no'lu kuyu) arasında değiştiği görülmektedir. B konsantrasyonu ise 28 kuyuda iz miktarda bulunurken en yüksek değer 0.70 mg/l ile 23 no'lu kuyuda ortaya çıkmıştır

Her iki çizelge birlikte incelendiğinde, Fe, Cu, Zn, Cr, Ni ve Pb konsantrasyonlarının iki dönemde de izin verilen maksimum sınır değerlerini aşmadığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle yer altı suyu örnekleri, analizi yapılan ağır metallerin yarısından fazlası yönünden, sulama suyu kalite kriterleri sınır değerlerini aşmamıştır (Resmi Gazete,

1991). Nitekim Pescod (1992), pek çok sulama suyu kaynağı gibi yer altı sularının da çok düşük konsantrasyonlarda ağır metal içerdiklerini, ancak fazla sorun oluşturmadıklarını belirtmiştir. Aynı şekilde Sekin ve ark. (2001), Manisa bölgesi yer altı sularında toksik olabilecek ağır metallerin mevsimsel değişimini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında, yer altı sularında toksik olabilecek ağır metallerin sınır değerleri aşmadığını belirtmişlerdir.

Mn konsantrasyonu, sulama öncesi dönemde 10 kuyuda (6, 7, 8, 13, 15, 16, 18,19, 22 ve 34 no'lu kuyular), sulama sonrası dönemde ise 9 kuyuda (6, 7, 8, 9, 13, 15, 16, 19, ve 24 no'lu kuyular) izin verilen maksimum sınır değeri aşmıştır (Resmi Gazete, 1991). 18, 22 ve 34 no'lu kuyularda sadece sulama öncesi dönemde, 9 ve 24 no'lu kuyularda sadece sulama sonrası dönemde, diğer kuyularda ise her iki dönemde de Mn konsantrasyonları izin verilen maksimum sınır değeri aşmıştır. Mn konsantrasyonu her iki dönemde de 6 no'lu kuyuda en yüksek olmuştur (sulama öncesi dönemde 1.184 mg/l, sulama sonrası dönemde ise 0.873 mg/l).

Sulama öncesi dönemde, 22 no'lu kuyuda Co ve Cd konsantrasyonları izin verilen maksimum sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Mn, Co ve Cd metallerinin izin verilen maksimum sınır değerleri aştığı kuyular, genellikle yerleşim birimleri, sanayi bölgesi ve hava alanına yakın yerlerdeki kuyulardır. Baba ve Tokgöz (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, Harmandalı atık depolama sahasının yüzey ve yer altı sularına etkisi araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, tesisin 7 yıllık işletme döneminde çalışma alanındaki yer altı sularının ağır metal içeriklerinin, deponi sahasından gelen sızıntı suları ile arıtılmadan derelere boşaltılan evsel ve endüstriyel atık sular nedeniyle, bazı parametreler yönünden izin verilen maksimum sınır değerleri aştığını genel olarak ise, incelenen tüm parametrelerde bir artış gözlemlendiğini ortaya koymuştur. İzmir ve Manisa Çevre İl Müdürlükleri ile DSİ II. Bölge Müdürlüğünün birlikte yaptıkları Gediz nehri kirliliğinin belirlenmesi çalışmasında, Gediz nehri boyunca 14 adet kirlilik noktasından su örnekleri alınmış ve bunlar üzerinde “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği”ndeki Tablo 4 ve Tablo 5’te verilen parametrelerin analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda; Mn konsantrasyonu tüm noktalarda, Cr konsantrasyonu 6 noktada, Co konsantrasyonu bazı dönemlerde birkaç noktada sınır değerleri aşarken, Fe ve Al konsantrasyonları sanayinin yoğun olduğu bölgelerde sınır değerleri aşmamakla beraber çok yüksek çıkmıştır. Evsel

ve endüstriyel atık suların yeterince veya hiç arıtılmaması, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve ilaçlar havza su kaynaklarını kirleten önemli kirletici kaynaklar olarak ifade edilmiştir (İzmir Çevre İl Müdürlüğü, 2001). Balkaya (1989) Samsun Bölgesindeki yer altı sularının kalite parametrelerini araştırmak ve kirletici kaynakların etkisini belirleyebilmek amacıyla yapmış olduğu çalışmada, yer altı sularının uygun olmayan çevre şartlarından etkilendiğini ve az da olsa kirlendiğini belirtmiştir.

Çizelge 4 ve 5 incelendiğinde, genellikle kuyuların çoğunda, I. dönem ağır metal konsantrasyonları II. dönemde artış göstermiştir. I. döneme göre; Fe konsantrasyonu 17, Cu 24, Zn 23, Mn 16, Cr 1, Co 29, Cd 25, Ni 32 ve Pb 32 kuyuda artış göstermiştir. En büyük artış oranı Mn konsantrasyonunda (yaklaşık 20 kat) gerçekleşirken, en düşük artış oranı Cr konsantrasyonunda (% 75) gerçekleşmiştir. I. döneme göre, Fe konsantrasyonu 16, Cu 8, Zn 10, Mn 14, Cr 26, Co 3, Cd 2, Ni 1 ve Pb 1 kuyuda azalmıştır. En büyük azalış oranı Fe konsantrasyonunda (yaklaşık 2 kat) gerçekleşirken, en düşük azalış oranı Pb konsantrasyonunda (% 20) gerçekleşmiştir. Cu ve Co konsantrasyonları birer kuyuda (sırasıyla 17 ve 6 no'lu kuyular), Mn konsantrasyonları 3 kuyuda (5, 20 ve 27 no'lu kuyular), Cr (14, 21, 30, 32, 33 ve 34 no'lu kuyular) ve Cd (11, 14, 26, 27, 30 ve 35 no'lu kuyular) konsantrasyonları ise 6'şar kuyuda değişmemiştir (Şekil 2-4).

Araştırma alanındaki kuyulardan elde edilen tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, kuyularda genel olarak, sulama sezonu öncesine göre sulama sezonu sonrasında ağır metal konsantrasyonlarının arttığı görülmektedir. Bu durum, toprakların gerek doğal yapısında bulunan ve gerekse değişik kaynaklardan (evsel ve endüstriyel atık sular, tarımsal faaliyetler, katı atık depolama alanları vb.) topraklara ulaşan ağır metallerin sulama suları veya yağmur sularıyla yer altı suyuna taşınabildiğini göstermektedir (Karataş ve ark., 1999).

Bor konsantrasyonları yönünden araştırma alanındaki tüm kuyu suları; “Duyarlı Bitkiler”, “Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler” ve “Dayanıklı Bitkiler” grupları için genel olarak I. sınıf sulama suyu özelliğinde olmuştur. Sulama öncesi dönemde 19 kuyuda, sulama sonrası dönemde ise 28 kuyuda iz miktarlarda bor bulunmuştur. Nitekim Ayyıldız (1990)'da, doğal sulara bor konsantrasyonlarının iz miktar ile birkaç mg/l arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Bununla beraber, 23 no'lu kuyu suyu, sulama öncesi dönemde “Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler” için I. sınıf, “Duyarlı

Bitkiler” için II. sınıf sulama suyu özelliğinde olurken, sulama sonrası dönemde “Dayanıklı Bitkiler” için I. sınıf, “Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler” için II. sınıf ve “Duyarlı Bitkiler” için ise III. sınıf sulama suyu özelliğinde olmuştur. Bitkilerin normal gelişimi için sulama sularında 0.5 mg/l’ye kadar bor’un bulunması gereklidir. Bununla beraber 4 mg/l’den fazla bor içeren sular ise tüm bitkiler için toksiktir.

Yukarıda yapılan açıklamalar ve saptamalar ışığında, Menemen Ovası topraklarının verimliliğinin sürdürülebilirliği ve yöredeki toprakların, yer üstü ve yer altı sularının başta ağır metaller olmak üzere her türlü kirlilikten korunması için;

1) Sulama için ana kaynak olan Gediz nehrinin ve nehre bağlanan derelerin her türlü kirlilikten (özellikle evsel ve endüstriyel atıklar) korunması,

2) Yüzey ve yer altı sularının analizlerinin yaptırılması ve sulama için uygun olmayanların kullanılmaması,

3) Gerektiği kadar gübre kullanılması,

4) Yöredeki çiftçilerin organik tarıma yönlendirilmesi,

5) Tarım ilaçları kullanımının en alt düzeye indirilmesi ve

6) Sanayi tesisleri ve yerel yönetimlerin atık su arıtma tesislerini kurmaları gerekmektedir.

Sonuç olarak, Menemen Ovası yer altı suyu kalitesinin periyodik olarak incelenmesi sürdürülmeli, kaliteyi düşüren faktörler ortaya çıkarılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle arıtılmış atık suyun ova topraklarında kullanılmasına karar verilmesi durumunda, bu çalışmalar çok daha fazla önem taşıyacak ve yapılması zorunluluk arz edecektir.

6. Kaynaklar

Aksoy, U., Anaç, S., Anaç, D., Can, H.Z., 1996. ‘The Effect of Ground Water Salinity on Satsuma Mandarins: Preliminary Results’. Second Intern. Symp. On Irr. Hort. Crops, Chania, Crete, Greece.

Altınbaş, Ü., Okur, B., Özercan, A., 1996. Saruhanlı Ovası sulama suyu kaynaklarının sulama süreci boyunca iyon içeriklerinin değişimi. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 204-216, 13-15 Mayıs, Mersin.

Anaç, S., Anaç, D., Aksoy, U., Kapar, A., Ul, M.A., Dorsan, F., 1997. ‘Salinization in Satsuma Mandarin Growing Coastal Regions of Western Turkey’. First Trans-National Meeting on salinity as a Limiting Factor for Agricultural Productivity in the Mediterranean basin. Naples, Italy.

- Asaroğlu, M., Sunlu, U., Kaymakçı, A.,1999. İzmir'in Bazı İlçelerindeki Yer Altı Su Kaynaklarının Kalite Kriterlerinin İncelenmesi. İzmir Su Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 251-261, 4-5 Haziran 1999, İzmir.
- Aşık, Ş.; Avcı, M.; Balcı, A., 1997. Atık Suların Sulamada Kullanım Stratejileri, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, s. 564-576, Bursa.
- Avcı, M., Aşık, Ş., Ünal, H.B., Akkuzu, E., Kılıç, M. Ve Karataş, B.S., 2003. Menemen Ovasında Su Dağıtım Performansı ve Su Dağıtımına Çiftçi Tepkileri Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Raporu (Proje No:2000-ZRF-035)
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1989. 'Water Quality For Agriculture', FAO, Irrigation and Drainage Paper 29, Rome, Rev. 1, p. 174.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. AÜ Ziraat Fak. Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara.
- Baba, A., Birsoy, Y.K., Ensari, E., Andiç, T., Baykul, A., Lengeranlı, Y., 2001. İzmir İli Yer altı Suyu Kalitesi. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 149-158, 21-23 Mart 2001, İzmir.
- Baba, A.; Tokgöz, S., 1999. İzmir Harmandalı Düzenli Atık Depolama Sahasının Yüzeysel ve Yeraltı Sularına Etkisi. İzmir Su Kongresi Bildiriler Kitabı, 263-275, 4-5 Haziran 1999, İzmir.
- Balkaya, N., 1989. Samsun Bölgesi İncesu-Dereköy Arasındaki Kıyı Ovasında Yeraltı Suyu Kirlilik Araştırması. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Çelik, M., Arıgün, Z., 2001. Yerköy (Yozgat) Ovası Yüzey ve Yer Altı Sularının Kalitesi ve Kirliliği. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 159-171, 21-23 Mart 2001, İzmir.
- Çuhadar, G.,1996. Yer altı suyu kirliliği. Devlet Su İşleri Bülteni, Kasım-Aralık, sayı:423-424, s.19-22.
- Delibacak, S., Ö.L. Elmacı, M .Seçer, A. Bodur, 2002. Review of Spatial Variations in Water Quality in the Gediz River, International Journal of Water Vol. 2, No. 2/3. p.173-183.
- Dinçer, A.R., A. Baba, 1998. Atıkların Yer Altı Sularına Etkisi ve Kontrol Yöntemleri. Bodrum ve Yarımadasının Çevre Sorunları Sempozyumu, 15-19 Şubat, Bodrum.
- Eroğlu, V., 2003. Türkiye'nin Su ve Toprak Kaynakları Potansiyeli ve Gelişimi. stradigma.com aylık strateji ve analiz e-dergisi, sayı 6.
- Esenyel, Ö., 2001. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Potansiyelin Kullanılması. T.C. Harp Akademileri Komutanlığı Yayınlarından, Harp Akademileri Basımevi Yenilevent, İstanbul.
- Hinkle, S.R., 1997, Quality of Shallow Ground Water in Alluvial Aquifers of the Willamette Basin, Oregon, 1993-95, Water-Resources Investigations Report 97-4082-B, Portland, Oregon,58p.
- İslam, Md.R., Salminen, R. and Lahermo, P. W., 2000. Arsenic and Other Toxic Elemental Contamination of Groundwater, Surface Water and Soil in Bangladesh and Its Possible Effects on Human Health, Environmental Geochemistry and Health, 22: 33-53.
- İzmir Çevre İl Müdürlüğü, 2001. Şubat 2001 Çevre İl Müdürlüğü Brifing Raporu, İzmir.
- Jackson, M.L.,1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc., Engle Wood Cliff, New Jersey.
- Kaplan, M., Sönmez, S., Tokmak, S., 1999. Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 309-313.
- Karataş, B.S, Panahi M. ve Aşık Ş., 1999, Sulamada Atık Su Kullanımının Yeraltı Suyuna Olumsuz Etkileri, İzmir Su Kongresi, İZMİR

- Kick,H., H.Bürger, K.Jommer, 1980. Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in Landwirtschaftlich und gaertnerisch genutzen Böden Nordrhein-Westfalen. Landwirtschaftliche Forschung No: 33(1).
- Merck,E.,1973. Die Untersuchung von Wasser. (7.Aufl), Darmstadt.
- ODTÜ,1983. Atık Suların Arıtılması ve Alıcı Ortama Deşarjı. ODTÜ Çevre Müh. Bölümü Kurs Notları, 26-30 Eylül 1983, Ankara.
- Pescod, M.B., 1992, Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO, Irrigation and Drainage Paper, No:47, 125p.
- Polat, M., Yılmaz, N., 2001. Antalya Havzasındaki Yer Altı Suyu Kaynaklarında Kirliliğın Belirlenmesi ve Koruma Stratejileri. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 247-253, 21-23 Mart 2001, İzmir.
- Raghanath, H.M., 1987. Ground Water, (second edition). 563 s., John Wiley and Sons, India.
- Resmi Gazete, 7 Ocak 1991, Su Kirliliğı Kontrol Yönetmeliğı Teknik Usuller Tebliğı, Sayı 20748, Ankara, 40s
- Richter, B.C., Kreitler, C. W., 1993. Geochemical Techniques for Identifying Sources of Ground Water Salinization. CRC Press, Inc. Boca Raton, USA.
- Saatçı, F., Tuncay, H., Altınbaş, Ü., 1973. İzmir İli Balçova Bölgesinde Sulamada Kullanılan Bazı Kuyu, Artezyen, Kaynak ve Dere Sularının Sulama Yönünden Kalitelerinin Tespiti Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 197, Bornova.
- Sekin, Y.; Eryurt, A.; Bağdatlıoğlu, N., 2001. Manisa Bölgesi Yeraltı Sularında Mevsimsel Değişiklikler: İz Elementler. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 255-262, 21-23 Mart 2001, İzmir.
- Shivkumar, K. and Biksham, G.: 1995, 'Statistical Approach for the Assessment of Water Pollution Around Industrial Areas: A Case Study from Patancheru, Medak District, India', Environ Monitor Assess. 36, 229–249.
- Shivkumar,K., Pande, A.K. and Biksham, G., 1997. Toxic Trace Element Pollution In Groundwaters Around Patancheru And Bolaram Industrial Areas, Andhra Pradesh, India: A Graphical Approach, Environmental Monitoring and Assessment 45: 57–80.
- Slavin, W., 1968. Atomic Absorption Spectroscopy. Interscience Publishers, New York.
- Stewart, M.T., 1999. 'Geophysical Investigations'. Seawater Intrusion in Coastal Aquifers Concepts, Methods and Practices (Eds. Bear, Cheng, Sorek, Quazar and Herrera) Kluwer Academic Publishers, 14, The Netherlands.
- Tuncay, H., 1994. Su Kalitesi. 243 s. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 512. E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Basmevi, Bornova, İzmir.
- U.S. Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Government Printing Office, Washington.
- WHO (World Health Organization), 1993, Guidelines for Drinking Water Quality, Geneva, vol.1, 183 p.
- Woo, N.C., Moon, J.W, Won, J.S., Hahn, J.S., Lin, X.Y and Zhao, Y.S., 2000, Water Quality and Pollution in The Hunchun Basin, China, Environmental Geochemistry And Health 22: 1–18.