

**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MANİSA ALAŞEHİR OVASI YERALTI SUYU KALİTESİ VE SULAMADA
KULLANILABİLİRLİLİĞİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ziraat Mühendisi Nazan ÇETİN

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Hidrolik

MANİSA 2005

**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MANİSA ALAŞEHİR OVASI YERALTI SUYU KALİTESİ VE SULAMADA
KULLANILABİLİRLİLİĞİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ziraat Mühendisi Nazan ÇETİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Tezin Savunulduğu Tarih : 16.12.2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tamer YILMAZ
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Sevinç ÖZKUL
Doç. Dr. Semih KÜÇÜKARSLAN

MANİSA 2005

İÇİNDEKİLER

Şekil Listesi.....	ii
Çizelge Listesi.....	iii
Teşekkür.....	iv
Özet.....	v
Abstract.....	vi
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
3. MATERYAL VE METOD.....	10
3.1.Materyal.....	10
3.1.1.Araştırma Yeri.....	10
3.1.2.Jeolojik Yapısı.....	11
3.1.3.Toprak Özellikleri.....	11
3.1.4.İklim Özellikleri.....	12
3.1.5.Tarımsal Yapı ve Üretim.....	14
3.1.6.Hidrografik Özellikleri.....	15
3.1.7.Alaşehir Ovasının Akifer Yapısı, Kalınlığı ve Derinliği.....	16
3.1.8.Avşar Barajı'nın Özellikleri.....	18
3.2.Metot.....	21
3.2.1.Arazi Çalışmalarında Uygulanan Metotlar.....	21
3.2.1.1.Yeraltı Suyu Kuyularının Seçimi.....	21
3.2.1.2.Taban Suyu Gözlem Kuyularının Açılması.....	21
3.2.1.3.Taban Suyu Seviyelerinin Ölçülmesi.....	22
3.2.1.4.Sulama Suyu Örneklerinin Alınması.....	22
3.2.2.Laboratuar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	22
3.2.2.1.Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Yöntemleri.....	22
3.2.3.Değerlendirmede Uygulanan Yöntemler.....	26
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE SONUÇLARIN TARTIŞILMASI.....	28
4.1.Taban Suyu Seviyesi.....	28
4.2.Sulama Sularının t İstatistiği Analiz Sonuçları.....	28
4.2.1.Sulama Suyu Tuzluluğu.....	28
4.2.2.Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR).....	38
4.2.3.Bor (ppm).....	38
4.3.Sulama Sularının Varyans Analizi Sonuçları.....	39
5. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ.....	41
KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Hidrolojik Çevrim.....	2
Şekil 2.2. Sulama Sularının Sınıflandırılması.....	8
Şekil 3.1. Gediz Havzası ve Araştırma Alanı.....	10
Şekil 3.2. Alaşehir Jeolojik Formasyonlar Haritası.....	12
Şekil 3.3. Alaşehir İlçesinde Tarımsal Üretim Dağılımı.....	14
Şekil 3.4. Alaşehir Çayı Aylık Akımları	15
Şekil 3.5. Alaşehir Ovası Hidrojeolojik Haritası.....	17
Şekil 3.6. Araştırma Alanı.....	20
Şekil 3.7. 1.1 – 26687 No'lu Yeraltı Kuyusu.....	23
Şekil 3.8. 1.2 – 25020 No'lu Yeraltı Kuyusu Sulama Alanı.....	23

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Dünya Kara Yüzeyindeki Su Dağılımı.....	4
Çizelge 2.2. Türkiye'nin Ortalama Yıllık Su Potansiyeli Ve Su Tüketimi.....	5
Çizelge 2.3. Türkiye'de Yıllara Göre Yıllık Su Tüketimi.....	5
Çizelge 2.4. Sulama Sularının Bor Sınıfları (ppm).....	9
Çizelge 3.1. Alaşehir İlçesinin Bazı İklim Değerleri.....	13
Çizelge 3.2. Avşar Barajı Teknik Özellikleri.....	19
Çizelge 3.3. Araştırma Bölgeleri ve Yeraltı Suyu Kuyuları.....	21
Çizelge 3.4. Sulama Sularının Sınıf. Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Kriterleri.....	27
Çizelge 4.1. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Nisan, 2004).....	29
Çizelge 4.2. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Mayıs, 2004).....	30
Çizelge 4.3. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Haziran, 2004).....	31
Çizelge 4.4. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Temmuz, 2004).....	32
Çizelge 4.5. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Ağustos, 2004).....	33
Çizelge 4.6. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Eylül, 2004).....	34
Çizelge 4.7. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Ekim, 2004).....	35
Çizelge 4.8. Araştırma Alanı Sulama Suyu Örneklerinin Analiz Sonuçları (Kasım, 2004).....	36
Çizelge 4.9. Bölgeler ve Bazı Tuzluluk İstatistikleri.....	37
Çizelge 4.10. Bölgeler ve SAR İstatistikleri.....	38
Çizelge 4.11. Bölgeler ve Bor İstatistikleri.....	39
Çizelge 4.12. Tuzluluk Değerlerinin Aylar Bazında Dağılımı.....	39
Çizelge 4.13. Tuzluluk Değerlerinin Bölgeler Bazında Dağılımı.....	40
Çizelge 4.14. SAR Değerlerinin Bölgeler Bazında Dağılımı.....	40

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmayı yaparken değerli görüşlerinden ve desteğinden faydalandığım danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Tamer YILMAZ'a, arazi çalıőmalarım esnasında bana geniş imkanlar sağlayan Alaşehir Üzüm Sulama Birlięi ve Alaşehir Belediye Başkanı Sayın Kadir DAŐ 'a, Alaşehir Üzüm Sulama Birlięi personeline, Alaşehir DSİ İşletme Baőmühendisi Sayın Adil GÜMÜŞ ve DSİ personeline, çalıőmalarım sırasında bana sonsuz destek veren eőim Ufuk ÇETİN'e teőekkürü bir borç bilirim.

Nazan ÇETİN

ÖZET

Manisa Alaşehir Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Sulamada Kullanılabilirliği Üzerinde Bir Araştırma

Manisa Alaşehir ovasının sulanması amacı ile inşa edilen Avşar Barajı suyu, ova topraklarının tamamını sulamada yetersiz kalmaktadır.

Bu yetersizliği gidermek amacı ile ovada DSİ tarafından yeraltı suyundan yararlanılmak istenmiş ve çok sayıda yeraltı suyu kuyusu açılmıştır.

Bu çalışmada yeraltı kuyu suları ile sulanan ova toprakları araştırma alanı olarak seçilmiş ve araştırma alanı üç bölgeye ayrılmıştır. Her bölgeden rasgele seçilen 3 adet yeraltı suyu kuyusundan alınan sulama suyu örnekleri 2004 yılı sulama mevsimi boyunca analiz edilmiştir.

Sulama suyu kalite kriterleri esas alınarak analiz edilen bu su örnekleri, hem bölgeler olarak kendi aralarında hem de Avşar Barajı suyu ile karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonunda yeraltı kuyu suları ile sulanan 3. bölge topraklarının tuzlanma riskinin diğerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Yeraltı suyu, gözlem kuyusu, tuz konsantrasyonu, SAR ve bor.

ABSTRACT

A Study on Groundwater Quality and Usage of it for Irrigation İn Manisa Alaşehir Plain.

The Avşar dam, which was built with the aim of supplying irrigation water for Manisa Alaşehir plain is in sufficient to meet whole irrigation requirements of the plain.

In order to provide a sufficient supply of water for the irrigation of crops, DSİ has decided to utilize the groundwater in the region. Thus, so many wells were driven and drilled by DSİ.

In this research, the plain land irrigated with well water was selected as a research area and then, segmented in three region. The randomly selected irrigation water samples taken from three well water, were analyzed during the year of 2004 irrigation season.

These samples were analyzed considering water quality standards and made a comparison among the regions and the dam water characteristics.

According to the comparison outcomes, it was found that the third region soil irrigated with well water is highly risky than the others with respect to getting salty.

Key Words : Groundwater, monitoring well, salt concentration, SAR and bor.

1. GİRİŞ

Ülkemizde 77.79×10^6 ha olan toplam arazi varlığının 27.7×10^6 hektarı tarım arazisi olup, bunun 12.5×10^6 hektarı sulanabilir niteliktedir. Ancak bunun 8.6×10^6 hektarı teknik ve ekonomik olanakların elverişliliği ölçüsünde sulanabilecek durumdadır. 2.9×10^6 hektarı ise tuzluluk, alkalilik ve yüksek taban suyu problemi nedeniyle tarımda kullanılamamaktadır (Kara ve ark., 1992). Diğer taraftan halen tarımda kullanılmalarına rağmen, tuzluluk ve alkalilik yüzünden birim alandan istenilen miktarda ürün alınamayan geniş miktardaki tarım arazileri de göz önüne alındığında, tuzluluk ve alkalilik probleminin ülkemiz tarımındaki önemi ortaya çıkmaktadır.

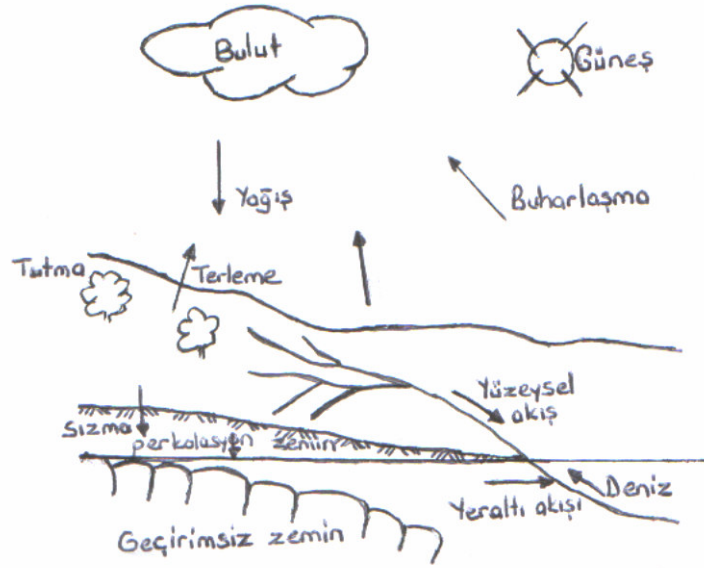
Araştırma alanının içinde yer aldığı Gediz Havzası; toplam olarak 1.721.895 hektar alanı kaplamakta olup, Türkiye yüzölçümünün % 2.2'sini oluşturmaktadır. Yapılan etütlere göre havzada tarım yapmaya uygun olan araziler 516.601 hektar olup, havzanın % 30'unu teşkil etmektedir. Bu araştırmanın yapıldığı Alaşehir ovası ise 30.061 hektar alan kaplamaktadır (Topraksu Genel Müd., 1974).

Alaşehir ovasında brüt sulama alanı 12.872 hektar, net sulama alanı 11.416,83 hektardır. Sulama alanının su ihtiyaçlarının büyük bir kısmı Avşar Barajı'ndan karşılanmaktadır. Ancak 540 km^2 lik su toplama havzasına sahip Avşar Barajı suyu bölge topraklarını sulamada yetersiz kaldığından yeraltı su kaynağına ihtiyaç duyulmuştur

Bu araştırma ile; Alaşehir ovasında DSİ tarafından açılan yeraltı kuyu sularının sulama mevsimi içinde 3 ayrı bölgesinde kalite değişimi incelenmiştir. Sulama suyu kalite kriterleri dikkate alınarak; 3 bölgenin ve Avşar Barajı sularının birbirlerinden farklı olup olmadığı t istatistiği ve varyans analizi ile kontrol edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde (katı,sıvı ve gaz) bulunan su, yerkürenin çeşitli kısımları arasında durmadan dönüp durmaktadır. Öncelikle atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı (% 60-75 kadarı) zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri döner, bir kısmı bitkiler tarafından tutulur, bir kısmı zeminden süzülerek yeraltına sızar. Geriye kalan su ise, yerçekimi etkisiyle hareket ederek akarsulara ve yüzeysel akış yoluyla denizlere ulaşır. Yeraltına sızan su ise, yeraltı akışıyla sonunda yeryüzüne çıkarak, yüzeysel akışa katılır. Denizlere ulaşan su da buharlaşarak atmosfere geri döner. Suyun bu şekilde doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden "hidrolojik çevrim" denir (Bayazıt, 1999). Bu çevrim için gerekli enerji güneşten ve yerçekiminden sağlanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Hidrolojik çevrim.

Hidrolojik çevrimdeki yağışın bir kısmı yerçekimi etkisiyle yeraltına sızar. Bu sızan sular, boşluk ve çatlaklardan aşağıya doğru iner ve kayaçların boşluk, çatlak ve kırıklarında su tutma yeteneği olmayan geçirimsiz kayaçlara kadar değişik derinliklerde toplanır

Bu toplanan sular yeraltı suyu olarak adlandırılır ve bu bölge havalanma bölgesi ile doymun bölge olarak iki kısımda incelenebilir. Doymun bölgede kayaçların boşlukların tamamı suyla, havalandırma bölgesinde ise; hava, su buharı ve su ile doludur. Doymun bölgedeki su yeraltı suyu olarak tanımlanır (Canik, 1998).

Bir sahada yeraltı suyu birikebilmesi için üç ana koşulun bir arada olması gerekir (Taşlı, 1996).

1- Beslenme sahası; yağmur sularının üzerine düşerek yeraltına bir kısmının sızacağı saha.

2- Poröz; boşluklu bir ortam. Bu ortam kum, çakıl gibi taneli formasyonlar veya kaya çatlakları olabilir. Kayalar içerisinde yeraltı suyu taşımaya en uygun olanı kireç taşlarıdır. Atmosferden bir miktar CO₂ alan yağmur suyu kireçtaşı üzerine düştüğünde yatay tabaka ve düşey çatlakları olan kireçtaşına sızmakta ve zaman içerisinde çok büyük boşluk sistemlerini oluşturmaktadır. Bu sistemlerde yeraltı nehirleri, gölleri bile meydana gelebilmektedir. Bu sistemlere karstik sistem denir ve bu sistemler yeraltı sularının en bol bulunabileceği ortamları teşkil ederler.

3- Üçüncü ana koşul ise; boşluklu veya çatlaklı ortama sızan suların yeraltında depolanabileceği, birikebileceği bir yapının var olmasıdır.

Yeraltı suları dinamik bir yapıya sahiptir; beslenir, depolanır, boşalır. Su tablasının belli bir eğimi vardır ve toplanan su belli bir yöne hareket ederek membaları besler. Fakat yeraltı suyu her zaman serbest bir şekilde bulunmaz, genellikle suyu tutan tabaka (akifer), iki geçirimsiz zon arasında hapsedilmiş ortamlarda bulunur.

Yerküredeki tatlı suyun büyük bir kısmı yeraltında bulunur. Yeraltındaki su, yeryüzündeki akarsularda bulunan suyun 7500 katı kadardır (Bayazıt, 1999). Akarsulardaki toplam akımın yaklaşık % 30'u da yeraltından beslenir. Kuyularla yeraltındaki haznedeki çıkarılan sular, insanlar tarafından geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yeraltından elde edilen sular, tabii bir şekilde filtrelenmiş olduğundan genellikle bakterilerden, organik maddelerden, koku ve tatlardan arınmış, kimyasal bileşimi ve sıcaklık derecesi fazla değişmeyen iyi kalitedeki sulardır (Bayazıt, 1999). Yerüstü su kaynaklarının tükendiği kurak mevsimlerde insanlar su ihtiyaçlarını kuyularla yeraltından sağlayabilirler. Bugün yeryüzünde kullanılan suyun % 40'ı yeraltından sağlanmaktadır.

Dünyanın toplam su potansiyeli $1.606 \times 10^6 \text{ km}^3$ olup, bunun $220 \times 10^6 \text{ km}^3$ 'ü kimyasal bağlı, $1.386 \times 10^6 \text{ km}^3$ 'ü ise serbest sudur. Serbest suyun % 96.5'i yani $1.338 \times 10^6 \text{ km}^3$ 'ü dünya yüzeyinin $361.1 \times 10^6 \text{ km}^2$ 'sini kaplayan okyanuslarda bulunmaktadır. $24.4 \times 10^6 \text{ km}^3$ (genelin % 1.76'sı) su kutuplarda ve buzullarda buz formunda veya buzul bölgeleri topraklarının alt katmanlarında, devamlı donmuş halde veya devamlı kar örtüsü olarak bulunmaktadır. $23.9 \times 10^6 \text{ km}^3$ (genelin % 1.72'si) su atmosferde ve dünyanın kutup bölgeleri hariç diğer toprak yüzeylerinde bulunmaktadır. Fakat toprağa bağlı olan ($13.1 \times 10^6 \text{ km}^3$) suyun büyük bir bölümü de hidrolojik döngüye katılmamaktadır. Yeryüzünün toplam su kütlesinin sadece $10.68 \times 10^6 \text{ km}^3$ 'ü (genelin % 0.77'si) tatlı su durumundadır. Okyanuslarda bulunan $1.338 \times 10^6 \text{ km}^3$ su hariç, dünya kara parçası üzerindeki su kütlesinin, depolanma şekillerine göre oransal dağılımı ise Çizelge 2.1'de verilmiştir (Liebscher, 1985).

Çizelge 2.1. Dünya kara yüzeyindeki su dağılımı.

Depolanma şekli	Hacim (km^3)	%
Kutuplar ve buzullarda daimi donmuş halde bulunan su	$24,364 \times 10^3$	50,57
Hidrolojik döngüde tatlı su olarak yer altı suyuna karışan su	$10,530 \times 10^3$	21,94
Diğer yeraltı suları	$12,870 \times 10^3$	26,82
Göller – Tatlı su	91×10^3	0,19
Tuzlu su	85×10^3	0,18
Nehirler	2×10^3	0,004
Bataklıklar	11×10^3	0,0235
Toprak Suyu	17×10^3	0,035
Biosfer (Bitkiler, hayvanlar, insanlar)	1×10^3	0,002
Atmosfer	13×10^3	0,027
Toplam	$47,984 \times 10^3$	100,00

Yüzölçümü 77.797.127 hektar olan Türkiye'de en yüksek çok yıllık ortalama yağış Doğu Karadeniz'de 1400 mm., en düşük ortalama yağış ise 400 mm. ile Konya Kapalı Havzası'nda olup, ülkemizin yıllık yağış ortalaması 670 mm.dir. Ülkemizin su potansiyeli 521 milyar m^3 olup, bunun yüzey akışa geçen kısmı 166 milyar m^3 /yıl veya 214 mm olup yüzey akışı katsayısı % 32'dir. Geriye kalan yağışlar (% 68'i) 456 mm./yıl olup buharlaşma, bitkisel terleme ve toprağa sızarak yer altı sularına katılma nedeni ile yüzey akışa geçmemektedir (D.S.İ., 1981).

Yüzölçümün 1.102.936 hektarı su yüzeyleri ile kaplı olan ülkemizde toplam göl alanı 946.400 hektar olup bataklık ve küçük göllerle bu değer 1 milyon hektarı geçmektedir. Akarsularımızın toplam debisi yeraltına sızan suların ve göl sularının da katkısı ile 180,3 milyar m³ /yıl seviyesine yükselmektedir. Fakat yüzey akışa geçen suyun tamamını kullanmak teknik olarak imkansız olup bir kısmı komşu ülkelere gitmekte, bir kısmı da deniz, göl ve bataklıklara dökülmektedir. Bu nedenle kullanılabilir yıllık potansiyelimiz 104,5 milyar m³ /yıl olup (Çizelge 2.2), bu miktar akarsular, göller ve yeraltı sularından oluşmaktadır (T.Ç.S.V. , 1991).

Çizelge 2.2. Türkiye'nin yıllık ortalama su potansiyeli ve su tüketimi (milyar m³ / yıl).

Su kaynakları	Su potansiyeli	Kullanılabilir potansiyel	Tüketim (1981)
Akarsular ve Göller	180,3	95,0	23,3
Yeraltı Suları	47	9,5	4,9
Toplam	227,3	104,5	28,2

D.P.T. Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'na (1985 – 1989) göre; Türkiye'nin ileriye dönük su tüketim tahminleri Çizelge 2.3 de verilmiştir. 1985 yılı su tüketim sayıları esas alınarak; % 11,7'si içme ve kullanma suyu, % 9,9'u endüstri ve % 78,5'i ise tarımsal sulama suyu olarak kullanılmaktadır (Tuncay, 1994).

Ülkemizdeki yıllık çekilebilir yeraltı suyu rezervi 12,3 km³ tür. Devlet Su İşlerince tahsis edilen yıllık miktar 8,8 km³ olup, yıllık tüketim 6.0 km³ tür.

Çizelge 2.3. Türkiye'de yıllara göre yıllık su tüketimi (10⁹ m³ / yıl).

Kullanım türü	1985	1990	1995	2000
İçme ve kullanma	4,73	5,95	7,38	9,07
Tarımsal sulama	31,80	42,00	54,10	57,60
Endüstri	4,00	5,10	6,20	7,30
Toplam	40,53	53,05	67,68	73,97

Yurdumuzun gelişmekte olan nüfus, endüstri ve tarım faaliyetleri sonucunda artan yeraltı suyu kullanımı, bu doğal kaynağımızın miktar bakımından olduğu kadar kalite yönünden de etraflıca incelenmesini zorunlu kılmaktadır.

Araştırma alanının da içinde yer aldığı Gediz Havzası toplam olarak 1.721.895 hektar sahayı kaplamakta olup, Türkiye genel yüzölçümün % 2.2'sini teşkil etmektedir.

Gediz Havzasında yüzeydeki kil, kum ve çakıl formasyonları ile onun altındaki Neojen yaşlı kum ve çakıllar yeraltı suları ihtiva ederler. Gediz Havzasını yeraltı sularını incelemek yönünden üçe ayırmak gerekmektedir.

- a) Sarıgöl, Alaşehir, Salihli, Ahmetli, Turgutlu, Kemalpaşa, Manisa ve Saruhanlı ovalarını içine alan orta Gediz,
- b) Akhisar ovası,
- c) Menemen ovası.

Orta Gediz olarak ayrılan sahanın yeraltı sularının çeşitli yollardan senelik beslenme miktarı 232,3 milyon m³ dür. Yine aynı bölümün çeşitli yollardan senelik boşaltma miktarı ise 232 milyon m³ 'dür (Toprak Su Genel Müd., 1974).

Gediz Havzasında yeraltı sularının kaliteleri yönünden havza değişiklik göstermektedir. DSİ tarafından alınan su örnekleri analizlerine göre; en iyi kaliteli yeraltı suları Akhisar, Manisa ve Kemalpaşa ovalarında bulunmaktadır. Havzada güneye doğru inildikçe yeraltı suyu kalitesi bozulmaktadır. Genellikle kuzeyden güneye doğru klor miktarı da artmakta olup, güneyde deniz suyununkine yakın değerler almaktadır. Bu durum yüzeyden derine doğru inildikçe de görülmektedir. Derinlerdeki sularda yukarıdaki sulara nazaran daha fazla tuz ve bilhassa Na, Cl bulunmaktadır.

Turgutlu, Salihli, Alaşehir ve Sarıgöl ovalarının yeraltı suları genellikle iyi olmakla beraber yer yer kötü kalite (tuzlu) su veren kuyulara da rastlanmıştır. Bu tuzlu suların ovadaki faylarla sıkı ilişkili olduğu kuvvetle muhtemeldir (Toprak Su Genel Müd., 1974).

Orta ve düşük kalitedeki sular sulama suyu olarak dünyanın birçok yerinde kullanılmaktadır. Bahreyn'de sulama suyu olarak tuzlu yeraltı suyu kullanılmaktadır. 47 çiftçilik içerisinde yapılan araştırmalarda sulama suyu tuzluluğu 3250-4950 micromhos/cm bulunmuştur. Süzölmeye ve sık sık sulamaya gerekli özen gösterildiğinde daha iyi verim alınabilmektedir (Yıldırım , 1992).

Dhuieil Vadisi sulama şebekesi doğu Ürdün'ün en büyük yeraltı suyu sulama projesidir. Başlangıçta 900 hektar için planlanmasına rağmen günümüzde 1560 hektarı karşılması gerekmektedir. Sulama projesi 1971 yılında faaliyete geçmiştir. Başlangıçta yer altı suyu kalitesi iyi iken zamanla su kalitesinde düşme gözlenmiştir. Yeni sulama alanları için açılan yeni kuyularda da birkaç yıl içerisinde aynı kalite düşmesi görülmüştür. Suyun kalitesinin düşme sebebinin sulama suyunun derinlere sızarak yeraltı suyuna tuzların süzölmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Yıldırım , 1992).

A.B.D. Riverside Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen sistemde sulama suları alkalilik ve tuzluluk yönünden 4'er sınıfa ayrılmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff., 1954). Bu sınıflar Şekil 2.2 de gösterilmiştir.

1. Alkalilik Sınıfları :

(S₁) Düşük Sodyumlu Sular : SAR değeri 0 – 10 arasında olan sulardır. Bu sular herhangi bir zarar olmaksızın her türlü toprak koşullarında sulama suyu olarak kullanılabilirler. Bu sular, toprağın fiziksel özellikleri üzerine herhangi bir olumsuz etki yapmazlar.

(S₂) Orta Sodyumlu Sular : SAR değeri 10 – 18 arasında olan sulardır. Bu sular, yüksek geçirgenliğe sahip kaba bünyeli topraklar ve organik topraklarda rahatlıkla kullanılabilirler. Yüksek katyon değişim kapasitesine sahip killi topraklarda özellikle yetersiz yıkama koşullarında alkalilik zararı oluşturmaktadır.

(S₃) Yüksek Sodyumlu Sular : SAR değeri 18 – 26 arasında olan sulardır. Bu sular çoğu topraklarda zararlı düzeyde değişebilir sodyum birikmesi meydana getirirler. Bu suların kullanılabilmesi için iyi bir drenaj sistemi, yeterli yıkama ve toprağa organik madde ilavesi yapılması gerekir.

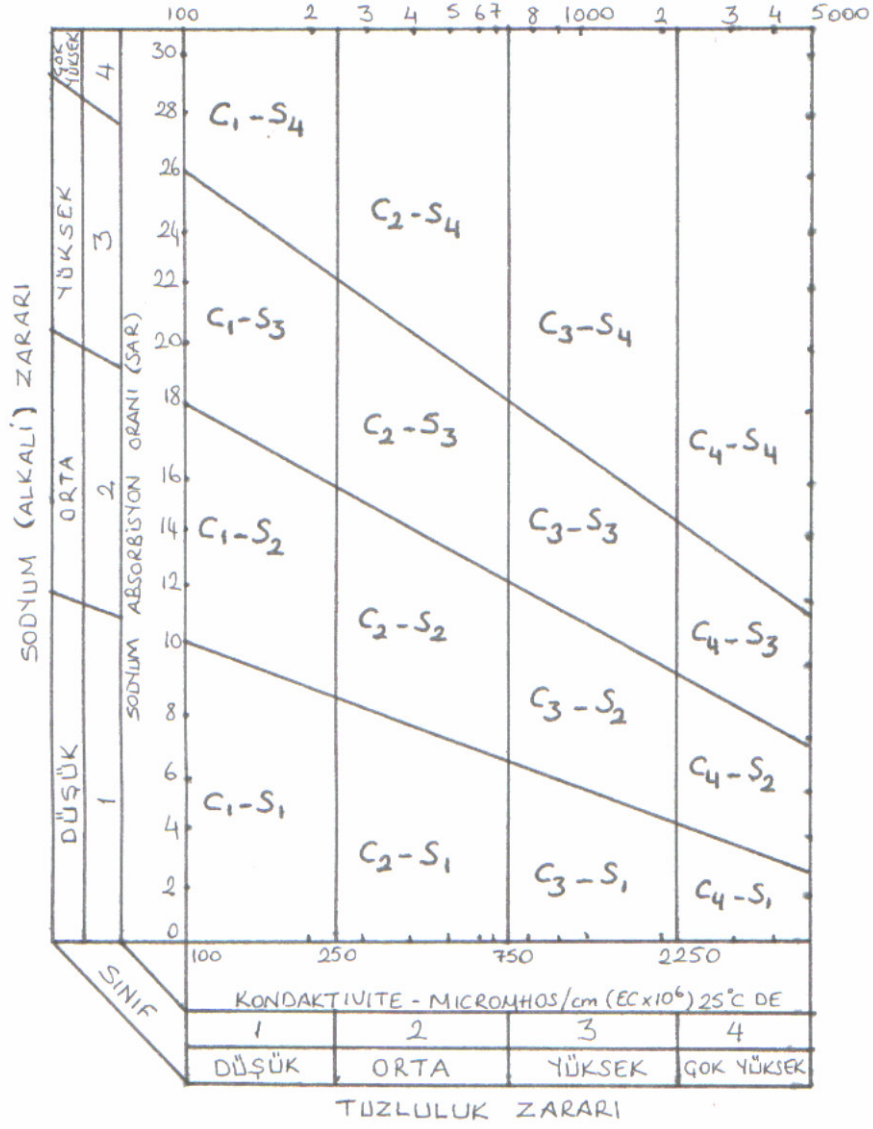
(S₄) Çok Yüksek Sodyumlu Sular : SAR değeri 26'dan fazla olan sulardır. Bu sular sulama suyunun olarak kullanılmamalıdır. Ancak, toplam tuz konsantrasyonu düşük ve çözünebilir kalsiyum kapsamı yüksek topraklarda yıkama yapmak, jips ve benzeri ıslah maddeleri kullanmak suretiyle kısıtlı oranlarda kullanılabilirler.

2. Tuzluluk Sınıfları : Sulama sularının sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu genel bir kriter olarak kullanılmıştır.

Elektriksel iletkenlik değeri sıcaklıkla değişmekte olup, sıcaklığın 1 ° C yükselmesi ile iletkenlik değeri % 2 oranında artmaktadır. Elektriksel iletkenlik değerleri standart olarak kabul edilen 25 ° C 'de (EC x 10⁶) micromhos / cm olarak ifade edilmiştir.

A.B.D. Riverside Tuzluluk Laboratuvarı araştırmacıları Şekil 2.2'de de görüldüğü gibi; sulama sularını elektriksel iletkenlik değerlerine göre 4 sınıfa ayırmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff., 1954).

(C₁) Az Tuzlu Sular : EC değeri 0 – 250 micromhos / cm arasında olan sulardır. Çok az çözünebilir tuz içerdiklerinden her türlü toprak koşullarında sulama suyu olarak kullanılabilirler.



Şekil 2.2. Sulama sularının sınıflandırılması.

(C₂) Orta Tuzlu Sular : EC değeri 250 – 750 micromhos / cm arasında olan sulardır. Orta derecede tuz içerdiklerinden tuza orta derecede dayanıklı bitkiler için herhangi bir toprak idaresine gereksinim olmadan sulama suyu olarak kullanılabilirler.

(C₃) Fazla Tuzlu Sular : EC değeri 750 – 2250 micromhos / cm arasında olan sulardır. Düşük geçirgenlik ve yetersiz drenaj koşullarına sahip topraklarda, özel toprak idaresi uygulanmadan sulama suyu olarak kullanılamazlar.

(C₄) Çok Fazla Tuzlu Sular : EC değeri 2250 – 5000 micromhos / cm arasında olan sulardır. Çok yüksek konsantrasyonlarda çözünebilir tuz içerdiklerinden normal koşullarda sulama suyu olarak kullanılamazlar.

Sulama sularının sınıflandırılmasında Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemi kullanılmıştır. Bu sistem 1954 yılında California da geliştirilmiştir. Sisteme göre sular, toplam tuz konsantrasyonu olarak tuz zararını ve sodyum adsorbsiyon oranı olarak muhtemel sodyum zararını göz önüne alarak 16 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Şekil 2.2'de verilen grafikte yatay eksen EC değerini, dikey eksen SAR değerini göstermektedir.

3. Bor : Sulama sularının tuzluluk ve alkalilik zararı yanında toksit etkisi olabilecek iyonlarının da değerlendirmelere alınması gerekir. Sulara spesifik toksit etkisi en çok görülen element bor'dur. Bor bitkiler için gerekli bir besin maddesi olup bitkiler tarafından en düşük konsantrasyonda bile alınmaktadır. Bu nedenle sulama sularının niteliklerinin değerlendirilmesinde bir kalite kriteri olarak kullanılmıştır. Sulama sularının güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için bor konsantrasyonu 0,5 ppm 'i geçmemesi gerekmektedir.

Bitkilerin dayanıklılığı göz önüne alınarak sulama sularında izin verilebilir bor konsantrasyonları ppm olarak Çizelge 2.4'de verilmiştir (Thorne and Peterson, 1954).

Çizelge 2.4. Sulama sularının bor sınıfları (ppm).

Bor sınıfı	Duyarlı bitkiler	Yarı duyarlı bitkiler	Dayanıklı bitkiler
Çok iyi	< 0,33	< 0,67	< 1,0
İyi	0,33 – 0,67	0,67 – 1,33	1,00 – 2,00
Kullanılabilir	0,67 – 1,00	1,33 – 2,00	2,00 – 3,00
Şüpheli	1,00 – 1,25	2,00 – 2,50	3,00 – 3,75
Uygun değil	> 1,25	> 2,50	> 3,75

3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde araştırma alanı ile ilgili bilgiler verilmiş ve kullanılan metotlar açıklanmıştır.

3.1 Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma; Alaşehir ovası Avşar Barajı sulama proje alanı içinde yapılmıştır.

Alaşehir ovası Ege Bölgesinde, Asıl Ege bölümünde, Batı Anadolu'daki doğu-batı yönlü ovalardan biri olan Gediz ovasının doğu kesiminde yer alır. Denizden yüksekliği 189 m. olan ova, 97700 hektar alana yayılmıştır (Şekil 3.1). Ova; Alaşehir çayının da içinde aktığı bir grabenden ve bunu güneyden ve kuzeyden sınırlayan oldukça yüksek plato ve dağlardan ibarettir (Atalay, 1989).



Şekil 3.1. Gediz Havzası ve araştırma alanı.

3.1.2. Jeolojik yapısı

Alaşehir ovası, "Menderes masifi" olarak adlandırılan Anadolu'nun güneybatısının hemen hemen tamamını kaplayan masifin kuzey kesiminde yer almaktadır (Atalay, 2002). Masif; yerkabuğunun yapısında iç püskürük kayaların bir yığın, bir kitle olarak belirledikleri yerlerle, billurlu şistlerin oluşturduğu karışık ve eski bir yapıyı belirtmektedir.

Alaşehir ovasının güneyindeki ve kuzeyindeki dağlık sahada, sözü edilen metamorfik ayrılmamış serilerin oldukça geniş alan kapladığı gözlenmektedir.

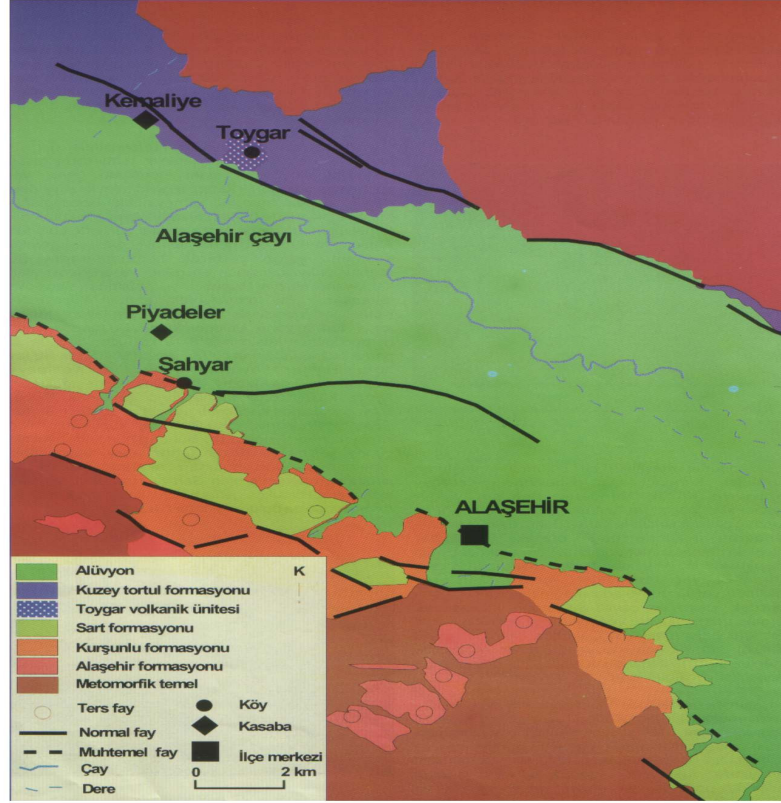
Alaşehir'in hemen güneyinde yer alan Bozdağlar'ın yükseltisi 2000 metreyi bulmaktadır. Bu dağların yüksek engebeli kesimlerinde metamorfik ayrılmamış seriler bulunurken, etek kısımlarında kaba detritik malzemenin hakim olduğu sedimenter karasal formasyonlar bulunmaktadır.

Ana hatlarıyla Paleozoik ve Paleozoik öncesi dönemde metamorfik ayrılmış serilerden meydana gelen saha, günümüzdeki asıl şeklini Neojen ve Kuvaterner de meydana gelen faylanma ve çöküntü hareketleriyle almıştır (Şekil 3.2).

3.1.3. Toprak özellikleri

Alaşehir ilçesinin 500 mm civarında yağış alması ve genel hatlarıyla Akdeniz ikliminin hüküm sürmesi, sahada toprak oluşumunu optimal seviyede gerçekleştirmiştir. Ancak sahanın fazla eğimli olması sonucu yağışlar erozyonu hızlandırmakta, bunun sonucunda litozolik karakterli sığ topraklar meydana gelmektedir. Böylece doğal bitki örtüsü iyi bir gelişme gösterememiştir. Sahada yağış oranının düşük olması kireçsiz kahverengi orman, kireçsiz kahverengi ve kırmızı akdeniz toprakları gibi A ve B horizonları kireçsiz toprakların oluşmasına izin vermiştir.

Alaşehir ilçesinde yapılan toprak etütleri sonucunda, pedogenetik özelliklerine göre 9 toprak çeşidi tespit edilmiştir. Bunlar; kireçsiz kahverengi orman, kireçsiz kahverengi toprak, çıplak kaya ve molozlar, rendzina, kahverengi orman toprakları, kestanerengi topraklar, kolüviyal topraklar ve alüviyal topraklardır (Atalay, 2002).



Şekil 3.2. Alaşehir jeolojik formasyonlar haritası.

3.1.4. İklim özellikleri

Ege Bölgesinde, Ası Ege bölümü ile İç Batı Anadolu bölümünü ayıran sınıra yakın bir yerde Bozdağlar'ın kuzey eteğinde kurulmuş bir yerleşim merkezi olan Alaşehir'in bulunduğu yer, Akdeniz ikliminden Karasal iklime geçiş yeridir. Genel olarak ılıman bir iklimin hüküm sürdüğü Alaşehir'de yaz ayları oldukça sıcak geçer. Sahanın iklimi üzerinde yeryüzü şekillerinin ve denizden içeride bulunmasının büyük etkisi vardır. Bu yüzden sahada Akdeniz iklimine göre daha karasal bir iklim tipi görülmektedir. Batı ve güneybatıda yükselteri 2000 m.'yi bulan dağların bulunması denizel etkinin sahaya girmesini engellemektedir. Kuzeybatısı ise Gediz nehrinin içinde aktığı oluk vasıtasıyla denizin ılıman etkisi yörede etkili olmaktadır.

Çalışma sahasını temsil edebilecek bazı meteorolojik iklim değerleri Çizelge 3.1 de verilmiştir (Manisa Valiliği, 1998)

Çizelge 3.1. Alaşehir ilçesinin bazı iklim değerleri.

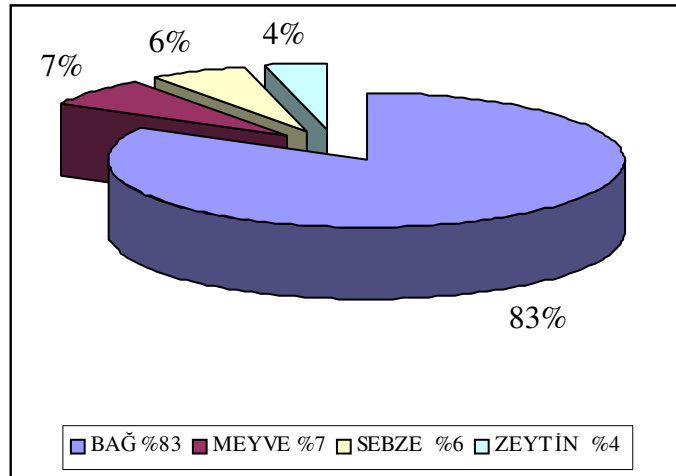
Meteorolojik elemanlar	Rasat Süresi (yıl)	Birim	Aylar												Yıllık
			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Sıcaklık	20	°C	6,6	8,1	10,5	15,5	20,7	25,0	27,8	26,8	23,0	16,5	12,3	7,9	16,7
Nem Oranı	20	%	70	65	61	55	47	41	39	41	46	55	62	70	54
Yağış	50	mm	73,0	74,6	57,0	31,8	36,9	18,5	8,2	4,7	9,6	32,1	57,0	84,4	487,6

Çizelge 3.1 'in incelenmesinden anlaşılacağı gibi 20 yılın ortalama günlük sıcaklığı 16,7 °C 'dir. En sıcak ay Temmuz, en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Yıllık yağış 487,6 mm olup, bu yağışların yaklaşık olarak % 2 'si yaz mevsiminde geriye kalan % 21 'i sonbahar, % 50 'si kış ve % 27 'si de ilkbahar mevsiminde meydana gelmektedir. En az yağış Ağustos ayında, en çok yağış ise Aralık ayında görülmektedir.

Bölgede nispi nem en yüksek değerlere, hava sıcaklığının düşük olması sebebiyle kış aylarında ulaşır. Ortalama nem oranı en yüksek değere % 70 'lik oranla Aralık ve Ocak aylarında ulaşır. Yıllık nem oranı ortalaması % 54 'tür (Çizelge 3.1).

3.1.5. Tarımsal yapı ve üretim

Alaşehir ilçesi, Alaşehir çayının oluşturduğu çok verimli ova topraklarına ve tarıma elverişli bir iklime sahiptir. Yapılan etüt sonuçlarına göre; ilçede ormanlık ve fundalık alanlar fazla eğimli, sığ ve erozyona müsait olduklarından sürülerek tarım yapmaya elverişli değillerdir. İlçe bağ ve bahçe alanlarının % 83 'ünde bağcılık yapılırken (Şekil 3.3), % 7 'sinde meyvecilik, % 6 'sında sebze ve % 4 'ünde de zeytincilik yapılmaktadır (Atalay, 2002).



Şekil 3.3. Alaşehir ilçesinde tarımsal üretim dağılımı.

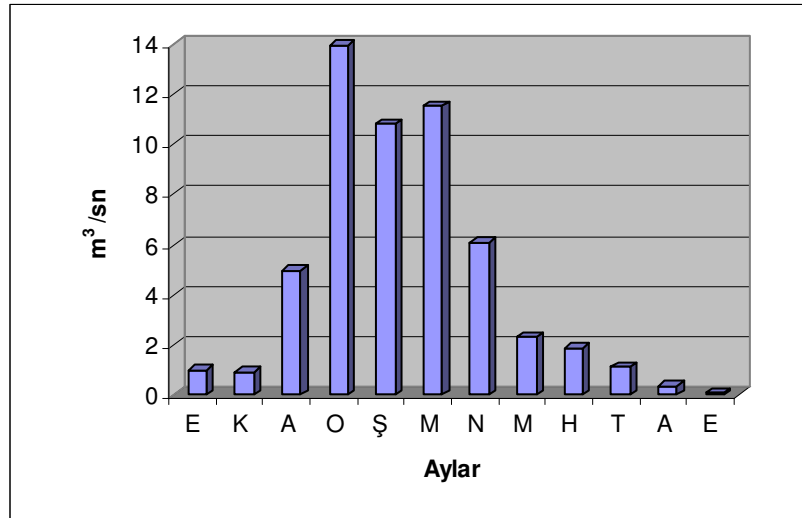
İlçede yıllık yağış ortalamasının 500 mm. civarında bulunması, bitki yetiştirme süresinin 176 – 184 gün gibi uzun olması hemen hemen bütün kültür bitkilerinin yetişmesine imkan tanımaktadır. Tütün, buğday, arpa, çavdar, pirinç, burçak, nohut, bakla, patates ovada yetişen başlıca tarım ürünlerini oluşturmaktadır. Bunun yanında domates, taze fasulye, taze bakla, ıspanak, patlıcan, biber, elma, zeytin, nar, ayva, erik, kiraz, şeftali, badem, incir gibi meyve türleri de üretilmektedir.

İlçede kuru tarım oldukça geniş bir alanda yapılmakta ve ilçedeki kuru tarım ürünleri kahverengi orman, Akdeniz ve regosol topraklar üzerinde yetiştirilmektedir.

3.1.6. Hidrografik özellikler

Araştırma alanının yerüstü sularını, ovanın üç tarafını çeviren dağlardan inen sular oluşturmaktadır. Ovaya oldukça dik bir eğimle kavuşan sel karakterli (% 40 – 50) bu derelerin uzunlukları kısadır.

Ova sularının denize ulaşmasını sağlayan Alaşehir çayı, sahasının en önemli akarsuyudur. Gediz nehrinin önemli bir kolu olan Alaşehir çayı, Bozdağlar'ın doğu ucunu oluşturan Dindarlı ve Çal dağlarının eteklerinden doğan Alaşehir Derbendi ve Buldan Derbendi kollarının birleşmesi ve ova içerisinde kuzeyden ve güneyden birçok derenin beslemesiyle meydana gelmiştir (Şekil 3.1). Alaşehir çayı, batıya doğru akışa devam ederek yaklaşık 60 km 'lik bir akıştan sonra Salihli yakınlarında Gediz nehrine kavuşur. Alaşehir ovasını, Alaşehir çayı ve buna bağlı kollar drene etmekte ise de yaz aylarında hepsi kuru deredir. Pek çok dere Alaşehir çayına ulaşmadan ovaya indiği anda kaybolmaktadır. Alaşehir çayının kollarının sayısı da fazla değildir ve bu akarsular iklimin tesiriyle yalnız yağmurların fazla olduğu kış mevsiminde fazla akışa sahiptir. Mayıs'tan sonra suyu çok azdır ve bu durum Ekim ayına kadar devam eder (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Alaşehir çayı aylık akımları.

Alaşehir çayının kuzeyden güneye doğru akan önemli bir deresi olmamasına karşın güneyden Alaşehir Derbendi, Buldan Derbendi, Sarıkız çayı, Zeytin çayı, Avra çayı, Şahyar deresi, Alkan çayı, Kurudere, Değirmen dere ve Göbekli deresi gibi güneyden kuzeye doğru akan dereleri vardır.

Araştırma alanındaki tüm yerüstü suları Akdeniz rejimine uygundur ve daha çok yağmurlarla beslenir. Bu sahadaki akarsuların karakteristik özelliği, rejimlerin düzensiz oluşudur. Yağışlı mevsimlerde ovanın bazı yerlerinde su birikintileri ve bataklıklar meydana gelir. Kurak geçen yaz mevsiminde bu su birikintileri ve bataklıklar kurur. Bu aylarda Avşar Barajı, ovada tarım yapılabilmesi için hayati bir önem taşımaktadır.

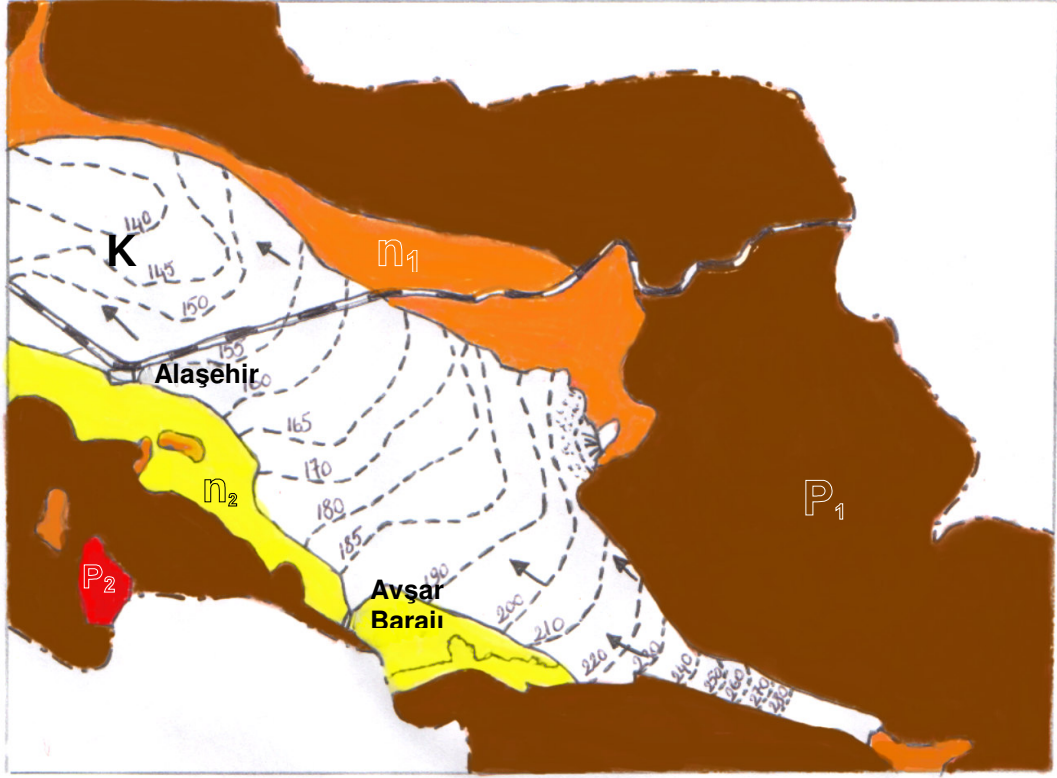
3.1.7. Alaşehir ovasının akifer yapısı, kalınlığı ve derinliği

Araştırma alanının içinde yer aldığı Gediz havzasındaki ovalarda yüzeyden derinlere doğru su taşıyan tabakaların yayılım, kalınlık ve derinlikleri; DSİ 2. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış sondaj kuyu logları ve jeofizik rezistivite değerleri ve yüzey jeolojisi dikkate alınarak yapılan kesitlerle tespit edilmiştir (DSİ , 1983).

Birikinti konileri; iri çakıl, çakıl ve kum malzemelerden meydana gelir. Birikinti konilerinin kalınlıkları Alaşehir ovasında Avşar alüvyon konisindeki 3136 nolu Hacıaliler kuyusunda 50 m, 26690 nolu Alaşehir sulaması kuyusunda 80 m, Kavaklıdere alüvyon konisinde 18718 nolu Dereköy kuyusunda ise 50 m'dir (Şekil 3.5).

Alaşehir ovasında çakıllı-siltli-killi olan alüvyonun kalınlığı 40 – 120 m 'ler arasında olup iyi bir akifer durumundadır. 26675 nolu Alaşehir sulaması kuyusunda 90 m, 3138 nolu Çavuşlar kuyusunda 40 m, 22040 nolu Alaşehir sulaması kuyusunda 120 m 'dir (Şekil 3.5).

Şekil 3.5 ' deki hidrojeolojik haritada görüldüğü gibi; yeraltı suyu hidrolik eğimi eteklerden Alaşehir çayı, Kum çayı ve Gediz nehrine doğrudur. Hidrolik eğimin fazla olduğu alüvyon konilerinde transmisibilite (T, hidrolik iletkenlik) değerleri yüksektir. Alaşehir ovasının kuzeyindeki 26675 nolu işletme kuyusunda $T = 2257 \text{ m}^3 / \text{gün} / \text{m}$, Subaşı köyündeki 22040 nolu kuyuda $T = 3646 \text{ m}^3 / \text{gün} / \text{m}$, güneydeki Hacıaliler köyü yakınlarındaki 25002 nolu kuyuda $T = 15800 \text{ m}^3 / \text{gün} / \text{m}$ civarındadır. İletkenlik katsayıları Alaşehir ovasının güneyine doğru yükselmektedir. En yüksek değer Avşar alüvyon konisi üzerindeki 25011 nolu kuyuda $T = 19155 \text{ m}^3 / \text{gün} / \text{m}$ civarında ölçülmüştür(DSİ, 1983).



STRATİGRAFİ

Paleozoik	Senozoik		Zemin	
		Tersier	Kuaterner	Dev.
		Neojen		All.Dev.
		Miosen/Pliosen		Epok.

P₁ : Mikoşist, Gyans Kuvarsit, Mermer	P₂ : Mermer Kristalize kireç taşı	n₁ : Kireç taşı Marn Tüf Kil Taşı	n₂ : Kil Taşı Silk Taşı Kum Taşı	K : Alivyon Kil Kum Çakıl
--	--	--	--	---

Şekil 3.5. Alaşehir ovası hidrojeolojik haritası

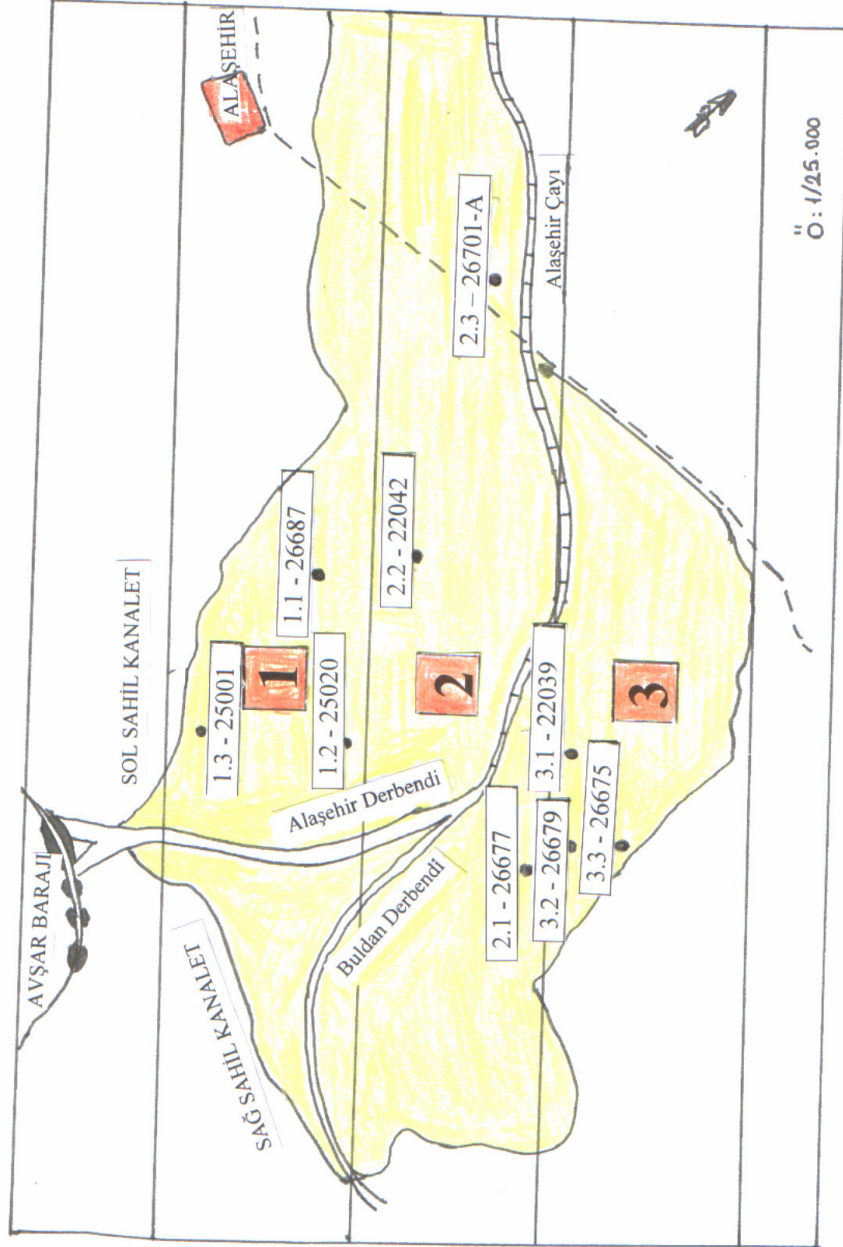
3.1.8. Avşar Barajı'nın özellikleri

Çiftlikdere çayı ile Derbent çayının birleştiği yerde inşa edilen Avşar Barajı 1978 yılında hizmete açılmıştır (Şekil 3.1). Sulama ve taşkın kontrol amacıyla yapılan barajın su depolama havzası 6376 km² 'dir. Sağ ve sol sahil sulama kanaletleri (Şekil 3.6) ile ovaya su taşıyan sulama şebekesinin toplam sulanabilir alanı 91.00 hektar olup, sulanan alan 42.60 hektardır. Kanaletlerin toplam uzunluğu ise 24 km 'dir.

Avşar Barajı'na ait teknik özellikler Çizelge 3.2 de verilmiştir (DSİ, 2005).

Çizelge 3.2. Avşar Barajı'nın teknik özellikleri.

Yeri	Alaşehir ilçesinin 18 km güneydoğusunda Alaşehir – Kiraz yolu üzerinde
Konumu	Ambar, Derbent ve Kısık çayları üzerindeki akarsular besliyor
Amacı	Sulama (% 45) + Taşkın kontrol (% 55)
Su toplama havzası	6376 km ²
Tipi	Kil çekirdekli zonlu toprak dolgu
Gövde hacmi	3.166.000 m ³
Kret kotu	263,50 m
Kret uzunluğu	886,00 m
Temelden yüksekliği	45,50 m
Talvegden yüksekliği	43,50 m
Temel jeolojik yapısı	Alüvyon, teras ve kristalize şist
Maksimum su kotu	260,95 m
Normal su kotu	254,75 m
Normal su kotunda göl hacmi	69,00 hm ³
Normal su kotunda göl alanı	5,25 km ²
Toplam dolgu hacmi	3,5 hm ³
Aktif hacim	84.000.000 m ³
Ölü hacim	5.000.000 m ³
Sulama alanı	13.500 ha.
Sulamaya verilen maksimum debi	7,5 m ³ /sn
Dolusavak yeri	Gövdenin sağ yamacında
Dolusavak tipi	Karşıdan alışı, kapaklı
Dolusavak kret kotu	253,25 m
Dolusavak kret uzunluğu	30,00 m
Proje taşkın piki	1.950 m ³ /s
Dolusavak maksimum deşarj	1.048 m ³ /s



Şekil 3.6. Araştırma alanı.

3.2. Metot

3.2.1. Arazi çalışmalarında uygulanan metotlar

3.2.1.1. Yeraltı suyu kuyularının seçimi

Araştırma alanı üç bölgeye ayrılmış (Şekil 3.6) ve her bölgede; DSİ tarafından açılan ve hala kullanımda olan üçer yeraltı suyu kuyusu seçilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Araştırma bölgeleri ve yeraltı suyu kuyuları.

Bölge no	Kuyu no	DSİ kuyu no
1	1.1	26687
	1.2	25020
	1.3	25001
2	2.1	26677
	2.2	22042
	2.3	26701-A
3	3.1	22039
	3.2	26679
	3.3	26675

3.2.1.2. Taban suyu gözlem kuyularının açılması.

Çalışma alanında, taban suyu seviyesi değişimini gözlemek amacıyla her bölgede 1 adet olmak üzere toplam 3 adet gözlem kuyusu açılmıştır. Gözlem kuyuları 2,5 m. derinliğinde, 10 cm. çapında olup, delikli sert plastik borular ile kaplanmıştır. Boru ağızları toprak yüzeyinden 30 cm. yüksekte tutulmuştur.

Taban suyu gözlem kuyularından; 1 Nolu gözlem kuyusu; 25020 numaralı yeraltı suyu kuyusunun yakınında, 2 Nolu gözlem kuyusu; 22042 numaralı yeraltı suyu kuyusunun yakınında, 3 Nolu gözlem kuyusu ise; 26679 numaralı yeraltı suyu kuyusunun yakınında açılmıştır (Şekil 3.6).

3.2.1.3. Taban suyu seviyelerinin ölçülmesi

Gözlem kuyularındaki taban suyu seviyeleri ayda bir defa olmak üzere Nisan 2004 – Kasım 2004 tarihleri arasında ölçülmesi ve seviye ölçümünde suyun iletkenliği esas alınarak zil tertibatı bulunan özel taksimatlı şerit metreli bir aletten yararlanılması planlanmıştır.

3.2.1.4. Sulama suyu örneklerinin alınması

Üç bölgeden seçilen 3'er adet kuyudan, Nisan 2004 – Kasım 2004 aylarını da içine alan 8 aylık sulama mevsimi boyunca (Topraksu, 1982), ayların 15'inde kuyulardan ve Avşar Barajı sulama suyundan örnekler alınmıştır.

Birinci bölgede seçilen 1 nolu kuyu (1.1 – 26687) Şekil 3.7 de, yine birinci bölgede bulunan 2 nolu kuyunun (1.2 – 25020) sulama alanı Şekil 3.8 de gösterilmiştir.

Sulama suyu kuyularından su örnekleri TSE 9359 standartlarına göre alınmıştır (TSE, 1991). Bu amaçla yeraltı suyu kaynağında pompa 15 – 20 dakika çalıştıktan sonra su örneği alınmış, sulama suyu örneği alınacak şişe doldurulmadan önce aynı su ile 3-5 kez yıkanmış ve sonra su örneği doldurulmuştur. Şişenin ağzı iyice kapatılarak analizleri yapılmak üzere en kısa zamanda laboratuara getirilmiştir.

Laboratuara getirilen su örneklerinin analizleri sulama suyu sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerinde belirtilen öğeler için ayrı ayrı yapılmıştır.

3.2.2. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler

3.2.2.1. Sulama suyu örneklerinin analiz yöntemleri

Sulama suyunun kalitesinin belirlenmesi amacı ile yapılan analizler Çizelge 3.4 de verilen kriterler esas alınarak (EİE, 1996) aşağıda verilen yöntemlerle yapılmıştır (Tuncay, 1994).

1. **PH**: Suyun asitlik veya alkalilik derecesini ifade eden pH değeri; cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür.

Bir behere 100 ml. örnek alınmış, pH-metrenin cam elektrotu suya daldırılmıştır ve aletin dijital göstergesi kararlı hale gelince pH değeri okunup kaydedilmiştir.



Şekil 3.7. 1.1 – 26687 No'lu yeraltı kuyusu.



Şekil 3.8. 1.2 – 25020 No'lu yeraltı kuyusu sulama alanı.

2. Elektriksel İletkenlik (micromhos / cm) : Sularda iyonlarına ayrıışmış tuzların toplam konsantrasyonunu ifade eden elektriksel iletkenlik, dijital göstergeli kondüktivimetre aleti ile ölçülmüştür.

Bir behere 100 ml. su örneği alınmış, aletin elektrotu suya daldırılmış ve dijital gösterge kararlı hale gelince elektriksel iletkenlik değeri okunup kaydedilmiştir.

3. Kalsiyum ve Magnezyum Tayini : Ca ⁺⁺ ve Mg ⁺⁺ miktarı EDTA (versenata çözeltisi) ile titrasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

10 ml. su örneğine 0,5 ml. Amonyum Klorür - Amonyum Hidroksit tampon çözeltisi eklenip, 3 damla EBT (Eriokrom Black İndikatörü) damlatılarak 0,01 normal EDTA (Versenata çözeltisi) ile renk maviye dönüşünceye kadar titre edilmiştir.

4. Sodyum ve Potasyum Tayini : Na ⁺ ve K ⁺ miktarı alev fotometresi (fleyfotometrik) metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Önce alev fotometresinin 0 ve 100 ayarları yapılarak su örneğinin Na ⁺ ve K ⁺ miktarları ayrı ayrı ppm cinsinden okunmuştur. Bulunan bu değerler Na ⁺ ve K ⁺ iyonlarının eşdeğer gramına bölünerek me/l cinsinden hesaplanmıştır.

5. Klor Tayini : Sulardaki klor miktarı Arjantimetri yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

50 ml. su örneğine 1 ml. K₂CrO₄ (potasyum kromat) indikatörü damlatılarak AgNO₃ (gümüş nitrat) ile renk tuğla kırmızısına dönüşünceye kadar titre edilmiştir.

6. Sülfat Tayini : Sularda sülfat tayini Gravimetrik hesaplama yöntemi ile hesaplanmıştır.

Gravimetrik yöntemde ; toplam anyon miktarlarından, Klor, Karbonat ve Bikarbonat miktarları toplamı çıkarılmış ve sonuç me/l cinsinden bulunmuştur.

7. Karbonat ve Bikarbonat Tayini : Sulardaki karbonat ve Bikarbonat tayini, fenolftalein ve metiloranj indikatörü varlığında ayarlı asit çözeltisiyle titrasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

10 ml. su örneğine 3 damla fenolftalein damlatılıp uçuk pembe renk alan örnekler karbonatlı olarak işaretlenmiştir. Aynı örneklere 3 damla metiloranj damlatılarak renk koyu pembeye

dönüşüncüye kadar titre edilmiştir. Sulardaki bikarbonat (HCO_3^-) miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\text{HCO}_3^- = \text{Okuma değeri} - (\text{CO}_3^{-2} \text{ miktarı} + \text{kör değeri}) \dots \dots \dots (3.1)$$

8. Bor Tayini : Bor tayini karmin kırmızısı indikatörü kullanılarak Spektrofotometre alatiyle hesaplanmıştır.

2 ml. su örneğine 2 damla konsantre HCl (Hidroklorik asit) ve 10 ml. konsantre H_2SO_4 (Sülfürik asit) eklenip soğuması beklenmiştir. Soğuduktan sonra 10 ml. karmin kırmızısı indikatörü eklenip karıştırılmış ve 45 dakika daha beklenmiştir. Süre sonrasında 585 μm dalga uzunluğundaki Spektrofotometre cihazından Bor miktarı okunmuş ve grafik yardımıyla Bor konsantrasyonu ppm cinsinden hesaplanmıştır.

9. Efektif Tuzluluk (RSC) : Efektif tuzluluk (RSC) değeri; karbonat ve bikarbonat miktarlarının toplamından, kalsiyum ve magnezyum miktarlarının toplamının çıkarılmasıyla hesaplanmıştır.

$$\text{RSC} = [\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^-] - [\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}] \dots \dots \dots (3.2)$$

10. % Na : Sodyum tehlikesi; sodyum iyonu ile toplam katyonlar arasındaki bağıntının toprağın fiziki özelliklerine yapacağı tesir olup; sodyum tehlikesi (% Na) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$\% \text{Na} = \frac{\text{Na}}{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}} \times 100 \dots \dots \dots (3.3)$$

11. SAR : Sodyum absorpsiyon oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^{+}}{\sqrt{(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}) / 2}} \dots \dots \dots (3.4)$$

3.2.3. Değerlendirmede uygulanan yöntemler

Araştırmada Çizelge 3.4 de verilen sulama suyu kalite kriterleri esas alınmıştır.

Sulama mevsimi boyunca (Nisan – Kasım) araştırma bölgeleri arasında fark olup olmadığı (Yılmaz, 2002) tarafından önerilen ve

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{(N_1 - 1) \cdot S_1^2 + (N_2 - 1) \cdot S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left[\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right]}} \dots\dots\dots(3.5)$$

şeklinde verilen t istatistiği ve Tukey HSD yöntemi kullanılarak varyans analizi (Neter and Kutner, 1996) ile kontrol edilmiştir.

Burada;

X_1 = Bir nolu değişkenin ortalamasını

X_2 = İki nolu değişkenin ortalamasını

S_1^2 = Bir nolu değişkenin varyansını

S_2^2 = İki nolu değişkenin varyansını

N_1 = Bir nolu örnekte gözlem sayısını

N_2 = İki nolu örnekte gözlem sayısını

göstermektedir.

Çizelge 3.4. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri.

Sulama suyu kalite kriterleri	1. sınıf su (çok iyi)	2. sınıf su (iyi)	3. sınıf su (kullanılabilir)	4. sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	5. sınıf su (Zararlı, uygun değil)
Elektriksel iletkenlik (micromhos/cm)	0 - 250	250 - 750	750 - 2000	2000 - 3000	> 3000
Değişebilir sodyum yüzdesi (% Na)	< 20	20 – 40	40 - 60	60 - 80	> 80
Sodyum absorpsiyon oranı (SAR)	< 10	10 - 18	18 - 26	> 26	--
Sodyum karbonat Kalıntısı RSC (me/l)	< 1.25	1.25 – 2.5	> 2.5	----	----
(mg/l)	< 66	66 - 133	> 133	----	----
Klorür (Cl) (me/l)	0 – 4	4 – 7	7 – 12	12 – 20	> 20
(mg/l)	0 - 142	142 - 249	249 - 426	426 - 710	> 710
Sülfat (SO ₄) (me/l)	0 – 4	4 – 7	7 – 12	12 – 20	> 20
(mg/l)	0 - 192	192 - 336	336 - 575	575 - 960	> 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	0 - 175	175 - 525	525 - 1400	1400 - 2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	0 – 0.5	0.5 – 1.12	1.12 – 2.0	> 2.0	----
PH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6 - 9	< 6 - > 9
Sıcaklık (° C)	30	30	35	40	> 40

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen sonuçlar verilmiş ve tartışılması yapılmıştır.

4.1. Taban Suyu Seviyesi

Taban suyu seviyesi ölçümünde, taban suyu üst seviyesinin toprak yüzeyine uzaklığı esas alınmıştır. Araştırma bölgesinde açılan toplam 3 adet taban suyu gözlem kuyusunda, sulama mevsimi boyunca (Nisan – Kasım 2004) ayların 15'inde ölçme yapılması planlanmış; ancak sulama mevsimi aylarında 2.5 m. derinlikte taban suyuna rastlanmamış, kuyuların tamamı 8 aylık süre boyunca kuru çıkmıştır.

Bu sonuçlar bize araştırma bölgesinde önemli bir derin drenaj sorunu olmadığını göstermektedir.

4.2. Sulama Sularının t İstatistiği Analiz Sonuçları.

Araştırma alanının her bölgesinde seçilen 3 adet olmak üzere toplam 9 adet yeraltı kuyusundan ve Avşar Barajı'ndan alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.

Bu çizelgelerdeki katyon ve anyon değerlerinden yararlanarak denklem (3.1) ile HCO_3 , denklem (3.2) ile RSC, denklem (3.3) ile % Na ve denklem (3.4) ile SAR değerleri hesaplanmıştır.

Araştırma alanının 3 bölgesinde seçilen yeraltı kuyu suları ve Avşar Barajı suyunun, Çizelge 3.4 de verilen sulama suyu kalite kriterlerinden yararlanılarak elektriksel iletkenlik (micromhos/cm), SAR ve bor yönünden 2004 sulama mevsiminde bölgeler arasında fark olup olmadığı denklem (3.5) ile kontrol edilmiştir.

4.2.1. Sulama suyu tuzluluğu (micromhos / cm)

İlgili çizelgelerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi; Avşar Barajı suyu tuzluluğu, sulama mevsimi boyunca 395 – 646, 1. bölge suyu 562 –1158, 2. bölge suyu 554 – 1285 ve 3. bölge suyu 627 – 1825 micromhos / cm arasında değişmiştir

Çizelge 4.1. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Nisan, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me / l)				ANYONLAR (me / l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,60	723	0,56	0,07	6,6	7,23	0,2	4,2	0,30	2,53	7,23	-	7,74	0,30	0,76	C ₂ S ₁
	1.2	7,70	562	0,43	0,09	5,1	5,62	0	3,7	0,35	1,57	5,62	-	7,65	0,27	0,90	C ₂ S ₁
	1.3	7,56	755	0,65	0,10	6,8	7,55	0	4,5	0,45	2,60	7,55	-	8,60	0,35	0,80	C ₃ S ₁
2	2.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2.2	7,64	585	0,89	0,16	4,8	5,85	0	4,0	0,35	1,50	5,85	-	15,2	0,57	0,66	C ₂ S ₁
	2.3	7,76	652	2,95	0,07	3,5	6,52	0,2	3,7	0,70	1,92	6,52	0,4	45,2	2,23	0,70	C ₂ S ₁
3	3.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Avşar Barajı		8,46	510	0,41	0,09	4,6	5,10	0,2	2,1	0,35	2,45	5,10	-	8,03	0,27	0,96	C ₂ S ₁

(+ işaretli yerlerde sulama yapılmadığı için sulama suyu örneği alınamadı.)

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.2. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Mayıs, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me / l)				ANYONLAR (me / l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,38	692	0,63	0,05	5,50	6,18	0,2	4,4	0,60	0,98	6,18	-	10,19	0,38	0,20	C ₂ S ₁
	1.2	7,58	607	0,43	0,07	4,50	5,00	0	3,5	0,60	0,90	5,00	-	8,60	0,28	0,10	C ₂ S ₁
	1.3	7,40	724	0,67	0,10	6,40	7,17	0,3	4,5	0,55	1,82	7,17	-	9,34	0,37	0,25	C ₂ S ₁
2	2.1	7,42	738	1,31	0,05	5,75	7,11	0,2	5,35	0,85	0,61	7,11	-	18,42	0,77	0,20	C ₂ S ₁
	2.2	7,54	624	1,00	0,05	4,60	5,65	0	4,10	0,55	1,00	5,65	-	17,69	0,66	0,25	C ₂ S ₁
	2.3	7,20	660	3,19	0,05	3,75	6,99	0	4,45	0,70	1,84	6,99	0,7	45,63	2,34	0,25	C ₂ S ₁
3	3.1	7,07	679	1,30	0,07	5,85	7,22	0,1	4,20	1,10	1,82	7,22	-	18,00	0,76	0,20	C ₂ S ₁
	3.2	7,09	627	0,91	0,07	5,80	6,78	0	4,65	1,00	1,13	6,78	-	13,42	0,53	0,10	C ₂ S ₁
	3.3	7,31	1036	2,45	0,12	8,25	10,82	0	6,35	2,05	2,42	10,82	-	22,64	1,20	0,20	C ₃ S ₁
Avşar Barajı		8,35	455	0,45	0,07	3,6	4,12	0,3	2,3	0,45	1,07	4,12	-	10,92	0,33	0,35	C ₂ S ₁

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.3. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Haziran, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me /l)				ANYONLAR (me /l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,50	732	0,63	0,12	6,05	6,80	0,1	5,15	0,60	0,95	6,80	-	9,26	0,36	0,60	C ₂ S ₁
	1.2	7,68	568	0,44	0,11	4,45	5,00	0,1	4,25	0,55	0,10	5,00	-	8,80	0,29	0,25	C ₂ S ₁
	1.3	7,57	749	0,67	0,13	5,90	6,70	0	4,70	0,60	1,40	6,70	-	10,00	0,39	0,40	C ₂ S ₁
2	2.1	7,53	732	1,21	0,05	5,35	6,61	0,1	5,30	0,95	0,26	6,61	0,05	18,30	0,74	0,65	C ₂ S ₁
	2.2	7,66	589	0,82	0,07	4,45	5,34	0,1	4,20	0,50	0,54	5,34	-	15,35	0,55	0,50	C ₂ S ₁
	2.3	7,70	670	2,63	0,05	3,90	6,58	0,2	4,15	0,80	1,43	6,58	0,45	39,96	1,89	0,51	C ₂ S ₁
3	3.1	7,43	735	1,30	0,07	5,80	7,17	0	4,20	1,00	1,97	7,17	-	18,13	0,76	0,27	C ₂ S ₁
	3.2	7,53	697	0,82	0,10	5,90	6,82	0	4,50	1,00	1,32	6,82	-	12,02	0,47	0,40	C ₂ S ₁
	3.3	7,45	1157	2,39	0,08	9,40	11,87	0	6,15	1,80	3,92	11,87	-	20,13	1,10	0,57	C ₃ S ₁
Avşar Barajı		7,68	395	0,30	0,06	3,80	4,16	0	3,65	0,45	0,06	4,16	-	7,21	0,21	0,57	C ₂ S ₁

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.4. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Temmuz, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me /l)				ANYONLAR (me /l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,49	1105	0,93	0,11	5,4	6,44	0	5,35	0,60	0,49	6,44	-	14,44	0,56	0	C ₃ S ₁
	1.2	7,55	842	0,52	0,10	4,6	5,22	0	4,00	0,45	0,77	5,22	-	9,96	0,34	0	C ₃ S ₁
	1.3	7,50	1158	0,90	0,12	5,2	6,22	0	5,30	0,75	0,17	6,22	0,10	14,46	0,55	0	C ₃ S ₁
2	2.1	7,48	1186	1,31	0,06	4,8	6,17	0	5,35	1,00	0	6,17	0,55	21,23	0,85	0,12	C ₃ S ₁
	2.2	7,62	845	1,36	0,06	4,0	5,42	0	4,25	0,55	0	5,42	0,25	25,09	0,96	0	C ₃ S ₁
	2.3	7,70	1285	4,35	0,07	4,9	9,32	0,2	5,35	1,35	2,45	9,32	0,65	46,67	2,78	0	C ₃ S ₁
3	3.1	7,35	1093	1,42	0,07	4,1	5,59	0	4,35	0,95	0,29	5,59	0,25	25,40	0,99	0	C ₃ S ₁
	3.2	7,40	1181	1,08	0,08	5,9	7,06	0,1	5,00	1,25	0,71	7,06	-	15,29	0,63	0,10	C ₃ S ₁
	3.3	7,37	1825	2,81	0,10	7,6	10,51	0	6,40	1,00	3,11	10,51	-	26,73	1,44	0,24	C ₃ S ₁
Avşar Barajı		7,73	646	0,48	0,10	3,0	3,58	0	2,75	0,45	0,38	3,58	-	13,40	0,39	0,05	C ₂ S ₁

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.5. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Ağustos, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me /l)				ANYONLAR (me /l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,28	740	0,78	0,10	5,30	6,18	0	5,30	0,85	0,03	6,18	-	12,62	0,48	0,35	C ₂ S ₁
	1.2	7,48	555	0,47	0,11	4,10	4,68	0	4,00	0,60	0,08	4,68	-	10,04	0,32	0	C ₂ S ₁
	1.3	7,49	640	0,71	0,13	4,45	5,29	0	4,35	0,75	0,19	5,29	-	13,42	0,47	0	C ₂ S ₁
2	2.1	7,48	680	1,34	0,05	5,0	6,39	0	4,90	1,05	0,44	6,39	-	20,97	0,84	0	C ₂ S ₁
	2.2	7,37	620	1,34	0,05	4,32	5,71	0	4,22	0,35	1,14	5,71	-	23,46	0,91	0	C ₂ S ₁
	2.3	7,59	720	2,86	0,06	5,15	8,07	0	5,05	1,25	1,77	8,07	-	35,43	1,78	0	C ₂ S ₁
3	3.1	7,43	640	1,26	0,07	5,50	6,83	0	3,90	1,10	1,83	6,83	-	18,44	0,76	0	C ₂ S ₁
	3.2	7,50	710	0,82	0,10	5,70	6,62	0,1	4,40	1,30	0,92	6,62	-	12,38	0,48	0	C ₂ S ₁
	3.3	7,40	1020	2,47	0,11	7,25	9,83	0	6,30	1,80	1,73	9,83	-	25,12	1,30	0,35	C ₃ S ₁
Avşar Barajı		7,81	395	0,54	0,10	2,85	3,49	0	2,40	0,35	0,74	3,49	-	15,47	0,45	0	C ₂ S ₁

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.6. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Eylül, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me /l)				ANYONLAR (me /l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,55	745	0,97	0,15	6,3	7,42	0	4,70	0,45	2,27	7,42	-	13,07	0,54	0	C ₂ S ₁
	1.2	7,78	638	0,60	0,16	5,0	5,76	0	3,95	0,70	1,11	5,76	-	10,41	0,37	0	C ₂ S ₁
	1.3	7,68	736	1,10	0,12	5,6	6,82	0,1	4,10	0,85	1,77	6,82	-	16,12	0,65	0	C ₂ S ₁
2	2.1	7,52	710	1,30	0,06	5,2	6,56	0	5,50	1,00	0,06	6,56	0,30	19,81	0,80	0	C ₂ S ₁
	2.2	7,67	643	1,00	0,12	4,6	5,72	0	4,50	0,95	0,27	5,72	-	17,48	0,66	0	C ₂ S ₁
	2.3	7,68	741	1,82	0,07	4,2	6,09	0	5,20	1,05	0,16	6,09	1,00	29,88	1,26	0	C ₂ S ₁
3	3.1	7,40	729	0,93	0,07	5,1	6,10	0	4,20	1,00	0,90	6,10	-	15,24	0,58	0	C ₂ S ₁
	3.2	7,50	720	0,76	0,07	6,0	6,83	0	4,50	1,35	0,98	6,83	-	11,12	0,43	0	C ₂ S ₁
	3.3	7,40	1025	2,39	0,11	7,2	9,70	0	6,50	1,65	1,55	9,70	-	24,63	1,26	0,15	C ₃ S ₁
Avşar	Barajı	8,44	556	0,62	0,12	4,2	4,94	0,2	3,05	0,65	1,04	4,94	-	12,55	0,43	0	C ₂ S ₁

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.7. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Ekim, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me /l)				ANYONLAR (me /l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,30	748	0,71	0,12	5,4	6,23	0	4,55	0,70	0,98	6,23	-	11,39	0,43	0,05	C ₂ S ₁
	1.2	7,43	634	0,47	0,11	5,3	5,88	0	4,95	0,65	0,28	5,88	-	7,99	0,29	0,10	C ₂ S ₁
	1.3	7,45	659	0,82	0,11	4,7	5,63	0,1	3,65	0,65	1,23	5,63	-	14,56	0,53	0,10	C ₂ S ₁
2	2.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2.2	7,53	610	0,76	0,12	4,6	5,48	0	3,90	0,55	1,03	5,48	-	13,86	0,50	0,05	C ₂ S ₁
	2.3	7,54	608	1,34	0,07	4,3	5,71	0	3,95	0,60	1,16	5,71	-	23,46	0,91	0,10	C ₂ S ₁
3	3.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Avşar Barajı		7,86	566	0,56	0,16	4,9	5,62	0	3,25	0,60	1,77	5,62	-	9,96	0,35	0,20	C ₂ S ₁

(+ işaretli yerlerde sulama yapılmadığı için sulama suyu örneği alınamadı.)

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Çizelge 4.8. Araştırma alanı sulama suyu örneklerinin analiz sonuçları (Kasım, 2004).

Bölge no	Kuyu no	pH	Elektriksel İletkenlik EC x 10 ⁶ (micromhos/cm)	KATYONLAR (me /l)				ANYONLAR (me /l)					RSC	% Na	SAR	BOR (ppm)	Sulama Kalite Sınıfı
				Na ⁺⁺	K ⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Toplam	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Toplam					
1	1.1	7,32	690	0,91	0,15	5,3	6,36	0	4,35	0,75	1,26	6,36	-	14,30	0,56	0,05	C ₂ S ₁
	1.2	7,31	595	0,67	0,17	6,0	6,84	0	4,10	0,70	2,04	6,84	-	9,79	0,38	0,05	C ₂ S ₁
	1.3	7,37	577	1,19	0,16	5,3	6,65	0	3,90	0,60	2,15	6,65	-	17,89	0,73	0,35	C ₂ S ₁
2	2.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2.2	7,44	554	1,08	0,14	4,0	5,22	0	4,25	0,50	0,47	5,22	0,25	20,68	0,76	0	C ₂ S ₁
	2.3	7,43	568	1,86	0,08	4,2	6,14	0	4,05	0,50	1,59	6,14	-	30,29	1,29	0,20	C ₂ S ₁
3	3.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Avşar Barajı		7,75	560	0,56	0,14	4,5	5,20	0	3,75	0,60	0,85	5,20	-	10,76	0,37	0	C ₂ S ₁

(+ işaretli yerlerde sulama yapılmadığı için sulama suyu örneği alınamadı.)

(- işaretli yerlerde RSC değerleri 0'ın altında yer aldığından dikkate alınmadı.)

Bu sayısal veriler bize Avşar Barajı sularının sulama mevsimi boyunca 2. sınıf su kalitesi değerini koruduğunu diğerlerinin ise bazı aylarda 2. sınıf, bazı aylarda 3. sınıf tuzlu sular sınıfında yer aldığını göstermektedir.

Sulama mevsimi boyunca araştırma bölgeleri ile Avşar Barajı suları arasındaki tuzluluk farkının önemli olup olmadığı t istatistiği ile kontrol edilmiş (denklem 3.5) ve sonuçlar bazı tuzluluk istatistikleri ile birlikte Çizelge 4.9 da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Bölgeler ve bazı tuzluluk istatistikleri.

Bölge no	Örnek sayısı	Standart sapma (S_x)	Ortalama (\bar{X})	t istatistikleri
		(micromhos / cm)		
1	24	149	716 a	$t_{1-2} = 0,019$ $t_{2-3} = 2,469^x$
2	21	187	714 a	$t_{1-3} = 2,776^{xx}$ $t_{2-b} = 2,967^x$
3	15	320	925 c	$t_{1-b} = 3,666^{xx}$ $t_{3-b} = 3,618^{xx}$
A. Barajı (b)	8	89	510 b	

(x ve xx işaretli değerler sırası ile % 5 ve %1 anlamlılık düzeyinde önemlidir.)

Çizelge 4.9'un incelenmesinden de anlaşılacağı gibi; sulama mevsiminde en az tuzluluk ve en az tuzluluk değişkenliği Avşar Barajı suyunda görülürken bunu 1. ve 2. bölge suları izlemiş, 3. bölge yeraltı kuyu suları ise; en yüksek değişkenlik ve en yüksek tuzlulukla ilk sırayı almıştır.

Bu sıralama kendisini t istatistiklerinde de göstermiştir. Nitekim, 1. ve 2. bölge suları tuzluluğu arasında fark yoktur şeklinde kurulan hipotez yani $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ hipotezi kabul edilirken diğerleri arasında fark yoktur şeklinde kurulan hipotezler reddedilmiştir.

Bu durum bize bölgede sulama amaçlı kullanılan sular içinde tuzluluk yönünden en iyisinin Avşar Barajı suyu (b) olduğunu bunu 1. ve 2. bölge suları (a) izlediğini, en tuzlu suyunda 3. bölge suları (c) olduğunu başka bir anlatımla; bölge suları ile baraj suyu tuzluluklarının en az % 95 güven düzeyinde birbirinden farklı olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Sodyum absorpsiyon oranı (SAR)

Araştırma alanındaki 3 bölgede yeraltı kuyu suları ve Avşar Barajı sularının sulama mevsimi boyunca hesaplanan aylık SAR değerleri için bulunan t istatistikleri Çizelge 4.10 da gösterilmiştir.

38

Çizelge 4.10. Bölgeler ve SAR istatistikleri.

Bölge no	Örnek sayısı	Standart sapma (S_x)	Ortalama (\bar{X})	t istatistikleri	
		SAR			
1	24	0,12	0,42 a	$t_{1-2} = 5,236^{xx}$	$t_{2-3} = 1,547$
2	21	0,66	1,14 a	$t_{1-3} = 5,676^{xx}$	$t_{2-b} = 3,236^{xx}$
3	15	0,34	0,85 c	$t_{1-b} = 0,857$	$t_{3-b} = 3,309^{xx}$
A. Barajı (b)	8	0.08	0,35 b		

(xx işaretli değerler % 1 anlamlılık düzeyinde önemlidir.)

İlgili çizelgelerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi; sulama mevsimi boyunca SAR değerleri tüm bölgelerde ve Avşar Barajı sularında 0 – 10 arasında kaldığından bu sular düşük sodyumlu sulardır. Bu sular toprağın fiziksel özellikleri üzerine herhangi bir olumsuz etki yapmamaktadır (U.S. Salinity Lab. Staff., 1954).

Diğer taraftan 2. bölge suları, sodyumca en zengin ve en değişken sulardır. Avşar Barajı suyu ile 1. bölge suyu büyük bir benzerlik gösterirken, 2. ve 3. bölge suları ile Avşar Barajı suyu SAR yönünden % 99 güven düzeyinde birbirinden farklıdır. Bu farklılık Avşar Barajı suyunun içerdiği az miktardaki Na dan kaynaklanmaktadır.

4.2.3. Bor (ppm)

Araştırma alanındaki 3 bölgenin yeraltı kuyu suları ve Avşar Barajı suyundan, sulama mevsimi boyunca alınan su örneklerinde belirlenen bor değerleri ve bu değerler için hesaplanan t istatistikleri Çizelge 4.11 de gösterilmiştir.

İlgili çizelgelerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi; sulama mevsimi boyunca Çizelge 4.11 de gösterilen bölge sularında bor konsantrasyonu 0,5 ppm düzeyinin altında kalmıştır. Bu değer ise duyarlı bitkiler için bile iyi kalitede sulama suyunun içermesine izin verilen sayısal değerdir (Thorne and Peterson, 1954).

Çizelge 4.11. Bölgeler ve bor istatistikleri.

Bölge no	Örnek sayısı	Standart sapma (S _x)	Ortalama (X)	t istatistikleri	
		Bor (ppm)			
1	16	0,28	0,33 a	t ₁₋₂ = 0,199	t ₂₋₃ =0,718
2	12	0,24	0,35 a	t ₁₋₃ =0,260	t _{2-b} =0,498
3	9	0,15	0,27 c	t _{1-b} =0,617	t _{3-b} =0,860
A. Barajı (b)	5	0.35	0,43 b		

Bölge sularının tamamı bor içeriği yönünden sıkıntı yaratmayacak sulama sularıdır. Düşük bor konsantrasyonu tüm bölge sularında birbirine yakın değerlere sahiptir. Nitekim bölge sularının ikili karşılaştırmalarının tamamında $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$, $\mu_1 - \mu_3 = 0$, $\mu_1 - \mu_b = 0$, $\mu_2 - \mu_3 = 0$, $\mu_2 - \mu_b = 0$, ve $\mu_3 - \mu_b = 0$ hipotezleri kabul edilmiştir.

4.3. Sulama Sularının Varyans Analizi Sonuçları

Sulama mevsimi boyunca 8 aylık periyotta araştırma bölgeleri ile Avşar Barajı suları arasında tuzluluk, SAR ve bor bakımından fark olup olmadığı varyans analizleriyle de kontrol edilmiştir. Varyans analizinde, ana etkilerin önemli bulunduğu faktörlerin arasındaki ikili analizlerde Tukey HSD yöntemi kullanılmıştır (Neter and Kutner, 1996).

Yapılan analizler sonucunda bölgeler ve Avşar Barajı sularının tuzluluk değerleri arasındaki farklılık, hem aylar bazında hem de bölgeler bazında anlamlı çıkmıştır.

Çizelge 4.12. Tuzluluk değerlerinin aylar bazında dağılımı.

Aylar	N	1	2
08. Kasım	6	590.67	
01. Nisan	6	631.17	
07. Ekim	6	637.50	
05. Ağustos	10	672.00	
02. Mayıs	10	684.20	
03. Haziran	10	702.40	
06. Eylül	10	724.30	
04. Temmuz	10		1116.60

Çizelge 4.12 den de görüldüğü gibi, Temmuz ayı ile diğer tüm aylar arasında tuzluluk düzeyleri bakımından farklılıklar anlamlı bulunmuştur. Yine Temmuz ayı hariç tüm aylarda tuzluluk değerleri birbirlerine yakın değerler alırken; Temmuz ayında farklı ve en yüksek değeri almıştır.

Çizelge 4.13. Tuzluluk değerlerinin bölgeler bazında dağılımı.

Bölge no	N	Subset		
		1	2	3
Avşar Barajı	8	510.38		
2. bölge	21		715.24	
1. bölge	24		715.58	
3. bölge	15			924.93
Sig.		1.000	1.000	1.000

Çizelge 4.13 incelendiğinde; 1. bölge ve 2. bölge tuzluluk değerleri arasındaki fark anlamsız bulunurken ($P>0,05$), bölgeler ve Avşar Barajı arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Başka bir deyişle, bölgeler ve Avşar Barajı sularının tuzluluk değerleri birbirlerinden farklıdır.

Denklem (3.4) ile hesaplanan SAR değerleri ile yapılan analizlerde; aylar arasındaki farklılık anlamsız bulunmuştur. Sekiz ay boyunca hesaplanan SAR değerleri birbirine yakın değerlerdir. Ancak bölgeler bazında; Avşar Barajı ile 1. bölge sularının SAR değerleri arasında herhangi bir fark bulunmazken, 2. ve 3. bölge suları, 1. bölge ve Avşar Barajı'ndan anlamlı derecede farklılık göstermektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. SAR değerlerinin bölgeler bazında dağılımı.

Bölge no	N	Subset	
		1	2
Avşar Barajı	8	.350	
1. bölge	24	.425	
3. bölge	15		.846
2. bölge	21		1.145
Sig.		.965	.243

Varyans analizlerinde; bölgeler ve Avşar Barajı arasında Bor değerleri bakımından bir fark bulunmazken, Nisan ve Haziran ayları ile diğer aylar arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur. En yüksek bor değerine Nisan ayında rastlanmıştır.

5. SONUÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Araştırma alanında sulama dönemi Nisan ayında başlayıp Kasım ayına kadar devam etmektedir. Bu durum dikkate alındığında bölgelerdeki yeraltı suyunun Nisan – Kasım ayı arasındaki kalitesi önem kazanmaktadır. Bölgelerdeki yeraltı kuyuları ile Avşar Barajı'nın sulama sularının tuz konsantrasyon değerleri 395 micromhos/cm ile 1825 micromhos/cm arasında değişmektedir. Bu tuz konsantrasyonlarına göre yeraltı suları; II. ve III. sınıf su olarak sınıflandırılmaktadır. Tuz konsantrasyonlarının yanında Bor, SAR ve % Na değerleri de kalite kriterlerini aşmadığından tehlike arz etmemektedir.

Yapılan istatistiklerde tuzluluk yönünden en iyi sulama suyunun Avşar Barajı olduğu, bunu sırasıyla 1. bölge, 2. bölge ve 3. bölgenin izlediği görülmektedir. Yine istatistikler, bölge suları ile Avşar Barajı suyu tuzluluklarının birbirlerinden farklı olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlar bize, aynı bünyeye sahip bölge toprakları içinde en yüksek tuzlanma riskine sahip bölgenin 3. bölge toprakları olduğunu göstermektedir. Üstelik bu bölgenin toprakları, araştırma alanının en düşük kotlu alanını oluşturduğundan drenaj sorunu riskine de sahip bir bölgedir

KAYNAKLAR

1. ATALAY, C., 2002. Medeniyetler Beşiği Alaşehir, İzmir.
2. ATALAY, İ., 1989. Toprak Coğrafyası, Ege Üniversitesi, Yayın No:8, İzmir.
3. BAYAZIT, M., 1999. Hidroloji, İTÜ Yayınları, No:1605, İstanbul.
4. CANİK, B., 1998. Hidrojeoloji, Yeraltı Sularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası, Ankara.
5. DSİ, 1983. 2. Bölge Müdürlüğü, Gediz Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, İzmir.
6. DSİ, 2005. Türkiye'deki Barajlar, DSİ Genel Md. Yayınları, İdari ve Mali İşler Basın ve Fotofilm Şb. Müdürlüğü.
7. DSİ, 1981. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı (100.Yıl), Cilt I-II, Ankara,
8. KARA, M. ve ark., 1992. "Konya Projesinde (KOP) Su Potansiyeli ve İhtiyacı" IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongre Bildirileri, Atatürk Üniv., Zir. Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.
9. LİEBSCHER, H.J., 1985. The Hydrological Cycle and Influence Exerted Upon it by Man. Applied Geography and Developmant Vol.26, S.33 – 47, Tubingen, Germany.
10. Manisa Valiliği, 1988. "Manisa İli Çevre Durum Raporu", Manisa.
11. NETER, J.; KUTNER H. M., 1996. Applied Linear Statistical Models, Chapter 22, S.889 – 923, Chicago, Irwin.
- 12.TAŞLI, A.,1996. Türkiye'nin Toprak ve Su Kaynakları, www.laynebowler.com.tr/yeralti.htm.
- 13.THORNE, D.W. ; PETERSON H.B., 1954 . Irrigated Soils The Blakiston Comp. Inc. Toronto
- 14.Topraksu Genel Müdürlüğü, 1974. Gediz Havzası Toprakları, Toprak Etütleri ve Haritalama Dairesi, Toprak Etütleri Fen Heyeti Müd., Yayın No:302, Ankara.
15. Topraksu, 1982. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi. Topraksu Yayın No:718, Ankara.
- 16.TS, 9359, 1991. Su Kalitesi – Yeraltı Suyu Kontrol Kuyularından Numune Alma Rehberi, Ankara.
- 17.TUNCAY, H., 1994. Su Kalitesi, Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No:512, İzmir.
- 18.Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, 1991. Türkiye'nin Çevre Sorunları, 5.Baskı, Ankara.
- 19.EİE, 1996.Türkiye Akarsularında Su Kalitesi Gözlemleri, EİE İdaresi Genel Müd.,Yayın No:96 –4.
20. U.S. Salinity Lab. Staff., 1954. Diagnosis Improvement of Saline and Alkali Soils Agriculture Handbook No:6, U.S. Gout. Print. Office Washington D.C.
- 21.YILDIRIM, AKÇAY, A., 1992. Ereğli – İvriz Sağ Sahil Sulama Alanında Yer altı Suyu Kalitesi Ve Sulamada Kullanılabilirliği Üzerinde Bir Araştırma, Selçuk Üniv., İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- 22.YILMAZ, T., 2002. Mühendisler İçin Uygulamalı İstatistik, C.B.Ü. Yüksek Öğrenim Vakfı, Sayı No:16, Manisa.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 07 Eylül 1973

Doğum Yeri : Silivri / İSTANBUL

Öğrenim Durumu	: İlkokul	Selimpaşa İlköğretim Okulu	1979 – 1984
	Ortaokul	Selimpaşa OrtaOkulu	1984 – 1987
	Lise	Silivri Lisesi	1987 – 1990
	Üniversite	Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi	
		Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl.	1990 – 1994
	Yüksek Lisans	C.B.Ü. Fen Bil. Ens.	2002 - 2005

İş Tecrübesi	Nurol İnşaat Tic. A.Ş.	1995 – 1997
	C.B.Ü. Alaşehir M.Y.O.	2000 – 2005
	Bornova Belediyesi Park ve Bahçeler Müd.	2005 –