

**SADIK (HACIBEKTAŞ)-BUDAK (MUCUR) KÖYLERİ ARASINDAKİ SIĞ
YERALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ
VE BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

Arzu (DEMİRLİAL) ÖZDİKİCİOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AĞUSTOS 2005
ANKARA**

Arzu (DEMİRLİAL) ÖZDİKİCİOĞLU tarafından hazırlanan “SADIK (HACİBEKTAŞ)-BUDAK (MUCUR) KÖYLERİ ARASINDAKİ SİĞ YERALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Nail ÜNSAL

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: _____

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**SADIK (HACIBEKTAŞ)-BUDAK (MUCUR) KÖYLERİ ARASINDAKİ SIĞ
YERALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ
VE BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Arzu (DEMİRLİAL) ÖZDİKİCİOĞLU

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ağustos 2005**

ÖZET

Bu çalışmada, Nevşehir ili Hacıbektaş ilçesine bağlı Sadık ve Kırşehir ili Mucur ilçesine bağlı Budak köyleri arasında belirlenen inceleme alanından almış olduğumuz yer altı sularının numuneleri doğrultusunda, yer altı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve bazı kirlilik parametreleri incelenmiştir. Anyon ve katyonların analizleri için laboratuvar çalışması yapılmıştır. pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde, çözünmüş oksijen ve tuzluluk gibi parametreler ise yerinde ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara dayanarak diyagramlar çizilmiş ve incelenen suların içme ve sulama suyu olarak kullanılabilirliği standart ve yönetmelikler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Bunlara göre inceleme alanındaki suların hepsinin ($SAR < 8$ olduğu için) sulama suyu olarak kullanılabilirliği; 6 numaralı numune dışındaki tüm numunelerin C_2-S_1 sınıflarında olup orta tuzlulukta olduğu ve orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilirliği, 6 numaralı numunenin ise C_3-S_1 sınıfında olup fazla tuzlu su olduğu ve sadece bazı bitkiler için kullanılabilirliği; tüm numunelerin az sodyumlu su olup, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun olduğu görülmektedir. Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik katyon ve anyonlardan bazılarının TSE, WHO, EPA ve Avrupa Birliği Limitlerini aştığından sular içilemez su niteliği

taşımaktadır. İnceleme alanındaki tüm numunelerin EPA limit değerinin üzerinde nitrat konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Kirliliğin gübre kullanımı veya evsel atıksu kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Bilim Kodu : 912
Anahtar Kelimeler : Akifer, Kirlilik, Yeraltı Suyu, Hidrojeokimya
Sayfa Adedi : 82
Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Nail ÜNSAL

**ANALYSIS OF THE HYDRO-GEO-CHEMICAL PROPERTIES AND SOME
CONTAMINATION PARAMETERS OF THE SHALLOW GROUNDWATER
BETWEEN THE SADIK (HACIBEKTAŞ) – BUDAK (MUCUR) VILLAGES
(M.Sc. Thesis)**

Arzu (DEMİRLİAL) ÖZDİKİCİOĞLU

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

August 2005

ABSTRACT

In this study, hydro-geo-chemical properties and some contamination parameters were analyzed based on the groundwater samples taken from an investigation area determined between the Sadık village, Hacibektaş County, Nevşehir and Budak village, Mucur county, Kırşehir. Laboratory tests were performed for the analysis of anions and cations. Parameters such as pH, temperature, electrical conductivity, total dissolved substance, dissolved oxygen and salinity were measured in the field. Diagrams were derived from the obtained results and suitability of the investigated water for drinking and irrigation water were analyzed according to the applicable standards and regulations.

According to the results, it is determined that all waters could be used for irrigation (since $SAR < 8$), each of the samples except sample No. 6 have C_2-S_1 class and have moderate salinity and could be used for the plants needing the moderate salt, and sample No. 6 was C_3-S_1 class and have excess amount of salt and could be used for only some plants, all samples has little amount of sodium and they were suitable for any type of agriculture except plants sensible to sodium. Waters are suitable for any type of agricultural works but not for the

drinking water. Waters are undrinkable water since some of the cations and anions for the usage of the waters as drinking water exceed the limits determined by TSE, WHO, EPA and European Community.

It is determined that each of the samples taken from the investigation area have nitrate content higher than the EPA limits. Contamination may be resulted from the usage of the fertilizer and domestic waste water.

Science Code : 912
Key Words : Aquifer, contamination, Ground Water,
Hydro-Geo-Chemistry
Number of Pages : 82
Adviser : Prof.Dr. Nail ÜNSAL

TEŞEKKÜR

Yaptığım bu çalışmanın her aşamasında, bilgi ve yönlendirmeleri ile desteğini benden esirgemeyen Sayın hocam Prof.Dr. Nail ÜNSAL'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, veri toplama aşamasındaki tüm yardımlarından dolayı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı çalışanlarından Jeoloji Mühendisi Mustafa YURDAGÜL ve Kimya Mühendisi Ayşegül KEÇİK ile T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanı Ali BAĞCI'ya, tez yazım aşamasındaki yardımları için ablam Aslı GÜLTEKİN'e, öğrencilik dönemimde benden yardımlarını esirgemeyen Fen Bilimleri Enstitüsü Enstitü Sekreteri H. Osman SARIKAYA'ya, Öğrenci İşleri çalışanlarına, Araştırma Görevlisi Öner ÖZMEN'e ve manevi desteğinden dolayı eşim Ferkan ÖZDİKİCİOĞLU'na, teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
HARİTALARIN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. İNCELEME ALANI	3
2.1. İnceleme Alanına Ulaşım	3
2.2. Morfoloji	4
2.3. Meteorolojik Veriler ve İklimsel Özellikler	4
3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ	7
3.1. Kervansaraydağ Formasyonu	7
3.2. Bozçaldağ Formasyonu	8
3.3. Kızılırmak Formasyonu	8
3.4. Alüvyon	8
4. SIĞ YER ALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ	10
4.1. Numune Alma ve Analiz	10
4.2. Analiz Sonuçlarının Grafiksel Gösterimi	13

4.2.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı.....	13
4.2.2. Piper diyagramı	15
4.2.3. Suların sulama suyu özellikleri	18
4.2.4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı	19
4.2.5. Wilcox diyagramı.....	22
4.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Sınıflandırma ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	24
4.4. Suların İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliğine Yönelik TSE, WHO, EPA ve EC Limitleri ve Analiz Sonuçlarıyla Karşılaştırılması	27
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	30
KAYNAKLAR	32
EKLER.....	34
EK-1. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Kırşehir ili meteoroloji verileri ve meteorolojik elemanlar	35
EK-2. Suyun kullanım amacına (içmeye ve sulamaya) uygunluğunun belirlenmesi ve su analiz sonuçlarının yorumlanması	38
EK-3. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Kırşehir-Seyfe Ovası hidrojeolojik etüt raporu analiz sonuçları, diyagramlar ve hidrojeoloji haritası.....	54
ÖZGEÇMİŞ	69

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kırşehir ili 1975-2004 yılları arası aylık toplam yağış (mm) miktarı	5
Çizelge 2.2. Mucur ilçesi 1984-2004 yılları arası aylık toplam yağış (mm) miktarı.....	6
Çizelge 4.1. Parametreler ve kullanılan analiz metodları	11
Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan 10 adet numunenin anlık ölçüm ve kimyasal analiz sonuçları	12
Çizelge 4.3. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre iyonların sıralanması....	14
Çizelge 4.4. Piper diyagramı için anyon ve katyonların % değerleri.....	15
Çizelge 4.5. Su numunelerinin Sodyum yüzdeleri, SAR ve EC değerleri.....	19
Çizelge 4.6. Suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması.....	21
Çizelge 4.7. SKKY Tablo 1: Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	25
Çizelge 4.8. Yeraltı suyu numunelerinin SKKY Tablo 1'e göre sınıflandırılması	26
Çizelge 4.9. TSE, WHO, EPA ve Avrupa Birliği İçme Suyu Standartları	28

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. İnceleme alanının jeoloji haritası	9
Şekil 3.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti.....	9
Şekil 4.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı	13
Şekil 4.2. İnceleme alanından alınan numuneler için piper diyagramı	16
Şekil 4.3. İnceleme alanından alınan su numuneleri için ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı	20
Şekil 4.4. İnceleme alanından alınan su numuneleri için Wilcox diyagramı.....	23

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	3

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgelerin ve kısaltmaların açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
mg/L	Miligram/litre
meq/L	Miliekivalent/litre
m	Metre
EC	Elektriksel iletkenlik
DO	Çözünmüş oksijen
TDS	Toplam çözünmüş katı madde
T	Sıcaklık
pH	H ⁺ iyonu değişimi
Kısaltmalar	Açıklama
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
DSİ	Devlet Su İşleri
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
EİEI	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPA	Amerika Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
YAS	Yeraltı Suyu

1. GİRİŞ

Yurdumuzun gelişmekte olan nüfus, endüstri ve tarım faaliyetleri sonucunda artan yüzey ve yeraltı suyu kullanımı bu doğal kaynağımızın miktar bakımından olduğu kadar kalite yönünden de etraflıca incelenmesini zorunlu kılmaktadır. Hatta, bilgisizce kullanımlar ve çevre kirlenmesi sonucu ortaya çıkan su kirliliği yüzünden temiz su kaynakları giderek azalmaktadır.

Bir suyun uygunluğu, kullanılışındaki amaç ve yerel koşullara bağlıdır. Yer altı suyu bir hidrojeolojik etüt sonucunda ortaya çıkarılır. İstenilen suyun sağlanması, ancak suyun amacına uygunluğu oranında kıymetlidir. Bu yüzden hidrojeolojik etütlerde su kimyası çalışmaları önemlidir. Bunun dışında, yer altı suyu ilişkilerinin araştırılması, yer altı suyunun beslenme ve akış yönünün belirlenmesi, kısmen yaşlı ve taze suların ayırt edilmesi, suyun kullanılması sırasında ortaya çıkabilecek korozyon ve kabuklandırma gibi muhtemel etkilerinin tahmin edilmesi konularında su kimyası önemli katkılarda bulunduğu için, hidrojeolojik etütlerin önemli bir bölümünü oluşturur.

Su kimyası çalışmaları ile ulaşılmak istenen sonuç; suyun kullanma amacına uygunluğunun, geçirdiği kimyasal değişimlerin, su kalitesiyle litoloji arasındaki ilişkinin belirlenmesi, kötü kaliteli su sınırlarının çizilmesi ve kötü kalite sebeplerinin ortaya çıkarılmasıdır.

Suyun kullanım amacına uygunluğu için fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Ölçülen fiziksel özellikler; sıcaklık, renk, asılı katılar, koku ve tatlır. Kimyasal özellikler ise, pH, elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), karbonat (CO_3^-), bikarbonat (HCO_3^-), sülfat (SO_4^{-2}) ve klorür (Cl^-) iyonlarıdır.

Bu çalışmada da, Sadık (Hacıbektaş) ve Budak (Mucur) köyleri arasındaki sığ yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve bazı kirlilik parametreleri incelenmiştir.

Ülkemizde modern yöntemlerle yer altı sularından yararlanmaya 1923'ten sonra başlanmıştır. Bu anlamda ilk hidrojeoloji araştırmaları ise Chaput ve Calvi tarafından 1929-1930'da Ankara'ya içme suyu sağlamak için Çubuk Vadisi'nde yapılmıştır. Sonraki yıllarda kurulan İller Bankası, EİEI, MTA ve DSİ gibi kuruluşlar çeşitli hidrojeolojik çalışmaları yapmışlardır ve halen aktif olarak hizmet vermektedirler (1).

Bu çalışmanın amacı Sadık (Hacıbektaş) ve Budak (Mucur) Köyleri arasındaki sığ yeraltı sularının (4 m-15 m derinlikteki) hidrojeokimyasal özellikleri ve bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi, su kalitesinin ve kullanım amacına uygunluğunun belirlenmesidir. Alınan numunelerin laboratuvar çalışmaları yapılmış, grafiksel yöntemler kullanılmış ve sonuçları standartlar ve yönetmelikler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

2. İNCELEME ALANI

İnceleme alanı, Sadık (Hacıbektaş) ve Budak (Mucur) Köyleri arasında yer almaktadır. Sadık köyü, İç Anadolu Bölgesi sınırları içindeki Nevşehir İli'nin Hacıbektaş İlçesi'ne, Budak Köyü ise Kırşehir İli'nin Mucur İlçesi'ne bağlıdır.

2.1. İnceleme Alanına Ulaşım

İnceleme alanına ulaşım D260 karayolu ile sağlanmaktadır. Budak Köyü'nün il merkezi Kırşehir'e olan uzaklığı 33 km, ilçe merkezi Mucur'a olan uzaklığı ise 11 km'dir. Kırşehir, Mucur ve Budak arasındaki 33 km'lik toplam mesafenin ulaşımı il yolu ile sağlanmaktadır. Sadık Köyü'nün il merkezi Nevşehir'e olan uzaklığı ise 83 km, ilçe merkezi Hacıbektaş'a olan uzaklığı ise 23 km'dir. Sadık ve Budak Köyleri arasındaki mesafede 5 km'dir. Arazi yapısı genellikle düzlüktür. İnceleme alanının denizden yüksekliği ortalama 514 m'dir.

İnceleme alanının yer bulduru haritası, Harita 2.1.'de verilmiştir (2,4)

Harita 2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

2.2. Morfoloji

Bölgenin en yaşlı kaya birimleri metamorfik kayalardan oluşmuştur ve Kırşehir Masifi olarak adlandırılır. Kırşehir masifi Kırşehir'in en eski kayaç grubudur. Bu birimler litostratigrafik özellikleri gözönüne alınarak Kalkanlıdağ, Kervansaraydağ, Bozçaldağ, Haciselimli formasyonlarına ayrılmıştır. Paleozoyik yaşlı bu kayaç grubu düşük-orta basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist, almandin-amfibolit ve yer yer granülit fasiyesi özellikleri sunar.

Kırşehir masifi metamorfik kayaları, Santoniyen-Kampaniyen yaşlı intrüzifler tarafından sıcak bir dokanakla kesilir.

Bu birimlerin üstüne uyumsuzlukla Tersiyer yaşlı çökeller gelir. Çalışma alanının büyük kısmında yüzeyliyen kırmızı kahve renkli karasal çamurtaşları Kızılırmak formasyonu olarak adlanmıştır. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlıdır (3,4).

Çalışma alanındaki yerşekilleri ise genel olarak düz ova ve vadi tabanlarıdır.

2.3. Meteorolojik Veriler ve İklimsel Özellikler

İnceleme alanında İç Anadolu Bölgesi'nin tipik karasal iklim koşulları hüküm sürmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Havzada en uzun süreli verileri bulunan Kırşehir DMİ verilerine göre; 1930 ile 2002 yılları arası 72 yıllık ortalama sıcaklık 11,3°C, en yüksek sıcaklıklar Temmuz-Ağustos aylarında 34-36°C arasındadır. 1929-2001 yılları arası ortalama yıllık yağış 379,6 mm civarındadır. 1971-2001 yılları arasındaki ortalama 30 yıllık Clas A Pan buharlaşma değeri ortalama 1258 mm'dir. Yağışlar genellikle kar şeklindedir.

İnceleme alanında, Kırşehir, Mucur, Hacıbektaş (DMİ) yer almaktadır. Bunlardan en eski olan ve en uzun verileri bulunan Kırşehir DMİ'nin kotu 1100 m'dir ve 1929-2004 yılları arası yağış verileri mevcuttur. İstasyonun 73 yıllık ortalama yağışı 379,6 mm/yıl'dır.

Kırşehir ve Mucur'a ait aylık toplam yağış (mm) miktarları Çizelge 2.1. ve Çizelge 2.2.'de verilmiştir (7).

Çizelge 2.1. Kırşehir ili 1975-2004 yılları arası aylık toplam yağış (mm) miktarı (6,7)

YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1975	23.7	29.1	33.3	93.1	81.8	94.2	1.0	3.2		12.7	18.7	55.6
1976	63.2	19.6	17.1	52.7	96.3	19.6		0.1	11.6	63.8	45.8	47.0
1977	45.4	16.2	57.4	75.3	37.5	18.2	6.0		17.5	59.8	12.4	38.4
1978	66.3	65.7	35.5	65.0	6.9	3.8	0.0	1.9	29.3	34.3	0.8	59.3
1979	80.1	35.3	34.3	33.0	15.2	25.3	7.4	0.1	21.1	44.6	51.3	32.9
1980	67.5	30.4	79.3	55.8	85.1	23.2	3.1	1.0	24.4	26.5	51.2	33.0
1981	72.3	40.3	39.2	23.5	64.4	42.5	13.5	0.4	1.3	15.3	19.8	79.2
1982	40.7	11.2	23.5	53.5	39.7	67.0	8.2	0.4		12.0	3.8	31.2
1983	21.1	46.8	21.7	42.3	45.0	21.5	7.9	1.7	9.1	37.0	93.9	29.9
1984	39.0	15.6	35.0	67.0	16.7	1.8	7.0	3.3		0.1	27.0	54.2
1985	74.3	62.4	39.4	40.1	50.1	3.5	6.9	0.4	11.3	65.3	113.5	38.8
1986	56.4	25.7	8.4	21.5	27.9	42.2	1.5		32.5	1.3	58.0	45.6
1987	52.2	44.7	44.3	32.0	31.7	87.0	23.1	1.9		74.4	71.4	79.2
1988	14.3	50.1	49.6	31.2	29.1	32.4	12.0	0.1	6.3	53.4	92.1	56.4
1989	32.3	11.4	19.5	35.9	43.5	8.3	0.3		0.1	30.7	111.5	35.5
1990	31.7	23.1	7.2	57.8	51.4	35.6	14.7	1.1	18.7	11.4	11.2	68.8
1991	17.5	30.4	22.6	86.6	65.7	32.0			3.2	53.3	31.6	47.9
1992	6.7	19.3	39.0	36.9	34.5	40.3	32.1	4.9	10.1	20.9	58.2	73.6
1993	44.4	16.9	21.7	21.1	121.0	21.4		2.3	0.8	0.2	27.5	52.8
1994	61.2	45.4	29.5	31.8	19.3	0.0			2.7	38.3	31.5	27.6
1995	42.6	13.0	69.3	91.2	57.0	38.4	16.4	5.3	7.3	28.8	76.9	22.6
1996	33.2	40.2	100.5	58.1	10.2	30.8	5.2	14.2	22.7	23.7	1.4	74.9
1997	38.0	21.0	21.8	59.8	41.3	53.4	0.6	27.8	1.1	73.4	25.5	85.3
1998	23.9	35.8	33.5	63.8	82.6	42.9	0.6		5.8	40.5	53.6	94.5
1999	13.3	34.7	66.8	39.3	24.8	62.3	29.7	38.1	3.7	12.1	18.2	17.9
2000	64.9	61.5	21.9	56.8	107.5	30.2		5.3	5.0	40.9	2.7	38.2
2001	1.4	34.5	30.8	32.7	70.6	4.8	2.6	24.9	12.9	1.7	60.6	73.3
2002	30.0	9.0	22.3	103.8	12.6	5.6	10.8	12.7	49.4	17.8	32.7	12.3
2003	37.6	33.2	24.3	66.1	18.1	13.6		1.4	35.2	22.7	22.1	29.9
2004	44.8	11.7	13.4	50.1	27.1	31.4	9.9	18.0	0.6	7.9	62.5	12.8

Çizelge 2.2. Mucur ilçesi 1984-2004 yılları arası aylık toplam yağış (mm) miktarı (6,7)

YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1984												46.9
1985	44.6	54.7	42.3	76.4	80.8	2.5	13.8	3.0	0.6	80.9	78.6	45.2
1986	49.4	31.3	7.8	25.8	44.7	23.8			14.1	2.7	71.1	28.0
1987	53.3	42.3	51.3	31.9	54.4	61.0	8.4	1.6		69.2	67.7	83.5
1988	18.2	58.5	58.1	20.2	43.0	55.7	34.0	14.3	2.8	78.4	79.0	44.7
1989	32.9	8.2	20.0	31.1	42.3	8.4	0.0		1.5	23.3	88.9	38.3
1990	37.5	29.1	8.4	54.7	85.8	55.6	11.4	0.0	21.7	9.6	20.7	59.9
1991	28.2	54.3	19.8	79.4	83.1	30.4	13.4		2.2	91.2	35.3	35.4
1992	7.2	30.5	36.5	29.5	33.1	38.2	34.5	5.9	7.9	26.8	62.5	76.4
1993	38.4	19.9	33.8	19.8	64.2	13.4	0.0	2.3	2.1	1.9	36.6	48.7
1994	64.5	64.4	40.9	30.8	13.2			2.0		28.5	31.5	38.3
1995	43.1	9.6	63.1	98.0	76.3	74.6	23.2	1.2	9.2	30.7	72.7	27.6
1997	37.2	29.5					0.0	28.6	1.7	64.9	19.4	76.8
1998	23.1	42.1	47.6	56.2	126.5	42.2	0.9		3.9	69.1	50.4	104.9
1999	8.5	41.8	59.1	26.3	28.7	66.3	25.2					
2000					82.1	31.4		4.4	1.5	20.7	1.0	32.1
2001	3.3	33.8	34.2	39.7	78.0	1.3	3.8		15.7	1.6	62.4	70.3
2002	36.1	11.3		73.8	20.7	8.0	44.2	31.5	57.8	21.1	31.2	14.7
2003	50.3	30.4	34.6	46.0	41.6	2.7			39.4	30.8	19.3	34.9
2004	52.9	14.7	25.5	52.1	37.3	19.1		7.0		3.1	62.3	19.2

3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı İç Anadolu Bölgesi, Nevşehir ili Sadık (Hacıbektaş) ve Kırşehir ili Budak (Mucur) Köyleri arasındaki sınırlar içinde yer almaktadır. Araştırma alanında jeolojik açıdan 3 ayrı formasyon ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon (Qa) birimler yüzeylenmektedir.

Formasyonlar;

- i. Mermer, Şist, gnays, amfibolit oluşturduğu Kervansaraydağ formasyonu (Pzke),
- ii. Mermerin oluşturduğu Bozçaldağ formasyonu (Pzb),

Kervansaraydağ ve Bozçaldağ formasyonları Kırşehir metamorfikleri olarak adlandırılır.

- iii. Çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı, tuf, jips-anhidritin oluşturduğu Tersiyer Pliyosen-Miyosen yaşlı Kızılırmak formasyonu (Tk) ve
- iv. Seyfe Gölü çevresinde sıkça rastlanılan kuvaterner yaşlı Alüvyon (Qa)'dur.

Çalışma alanı için MTA'nın 1:100.000 ölçekli Kırşehir-G18 paftası (3) ve 1:100.000 ölçekli Yozgat-G19 paftası kullanılmıştır (4).

3.1. Kervansaraydağ Formasyonu (Pzke)

Kızıldağ, Kervansaraydağ, Naldökendağ, Bozçaldağ ve Buzlukdağ dolayında yüzeylenen bu formasyonun kalınlığı 10 metreyi geçmez. Mermer bant ve mercikleri ile biyotit-muskovit şist, kalsilikatik şist, kalkşist kuvarsitşist, piroksen şist, amfibolişist ve daha az oranda gnays, kalsilikatik gnays, kuvarsit, amfibolit, kloritşist içerir. Kıvrımlanma ve yapraklanmanın iyi geliştiği birim üste doğru Bozçaldağ formasyonu ile yanal-düşey yönde geçişlidir (3).

Kervansaraydağ formasyonu; Kaleboynu formasyonu (9), Tamadağ formasyonu (8) ile eşdeğerdir.

3.2. Bozçaldağ Formasyonu (Pzb)

Kızıldağ, Kervansaraydağ, Naldökendağ, Bozçaldağ ve Buzlukdağ dolayında yüzeylenen açık gri, beyaz nadiren pembe renkli iri sakkoroid dokulu mermerler Bozçaldağ formasyonu olarak adlandırılmıştır (3).

Kil katkılı ve katkısız karbonat kökenli olan mermerler ince çört, amfibolit-amfibolitışist ara düzeyleri içerir. Hacıselimli metagabrosu tarafından ise kesilir.

Birim; Aşıgediği formasyonu (9) ile eşdeğerdir.

3.3. Kızılırmak Formasyonu (Tk)

Tüm Orta Anadolu'da olduğu gibi çalışma alanında büyük bir kesimde yüzeylenen, kırmızı-kahve renkli katmansız, bloklu, çakıllı, kumlu, gevşek karasal çamurtaşları Kızılırmak Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Tüf, jips-anhidrit, killi kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı bant ve mercekleri içerir. Üst miyosen öncesi temel üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Yatay konumla birimin kalınlığı 5-100 metre arasında değişir. Yamaç molozu, akarsu, sığ göl-playa (kaliş) ortamlarında gelişen birimin yaşı; üst miyosen-pliyosen'dir. (11).

3.4. Alüvyon (Qa)

Çalışma alanının en genç oluşumları vadi ve akarsu yataklarında, ova ve düzlüklerdeki çakıl, kum, kil depolanmalarıdır. Yüksek eğimli yamaç önlerinde gelişen yamaç molozları ile Kızılırmak vadisinin her iki yanında asılı kalan taraçalar bölgenin diğer genç çökelleridir.

İnceleme alanının 1: 100.000 ölçekli jeoloji haritası, Şekil 3.1.'de sunulmuştur.

Şekil 3.1. İnceleme alanının jeoloji haritası (3,4)

İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti Şekil 3.2.'de verilmiştir.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon		Simge	Kaya Türü	Açıklamalar
Senozoyik	Kuvaterner				Qa		Alüvyon
		Pliyosen	Kızılırmak		Tk		Çakıltası Kumtaşı Kireçtaşı Tüf Jips anhidrid
Paleozoyik			Kurşehir Masifi	Bozçaldağ Formasyonu	Pzb		Mermer
				Kervansaraydağ Formasyonu	Pzke		Mermer Şist Gnays Amfibolit

Şekil 3.2. İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti

4. SIĞ YERALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BAZI KİRLİLİK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

4.1. Numune Alma ve Analiz

İnceleme alanındaki 10 ayrı noktadan alınan yeraltı su numunelerinin analizleri ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Numune almadan önce cam numune şişesi saha önce saf nitrik asit (HNO_3) ile yıkanmış ve damıtık su ile çalkalanarak durulanmıştır. Örneklemede yeni şişeler kullanılmıştır. İki adet şişe örnek alınacak su ile birkaç kez çalkalandıktan sonra doldurulmuştur. 1 numaralı şişeye $\text{pH} < 2$ olacak şekilde konsantre ve yüksek saflıkta HNO_3 ilave edilmiştir (katyon analizi için). 2 numaralı şişeye ise hiçbir koruyucu katılmamıştır (anyon analizi için). Her iki şişede örnek alınacak su ile tamamen doldurulup içinde hava kabarcığı kalmamasına özen gösterilmiştir. Şişeler etiketlenip örnek adı yazılarak 24 saat içinde 4°C 'de, buz kutusu içinde tutularak serin ortam sağlanmış ve laboratuara ulaştırılmıştır (12).

Yeraltı suyunun örnekleme yöntemi, “anlık örnekleme” olup, numuneyi alma ve saklamada, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın yayınlamış olduğu “Numune Alma Kılavuzu”nda belirtilen hususlara uyulmuştur (13). Yeraltı suyu numunesi alınırken, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği madde 10’da belirtilen “Yeraltısuları Numune Alma Esasları”na ve “Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği”ne uyulmuştur (13, 14).

Numunelerin pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık, çözünmüş oksijen (DO), toplam çözünmüş katı, tuzluluk gibi parametreleri, örnekleme sırasında Sension 156 cihazıyla anlık olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Anlık ölçümde, TS 3263, ISO 10523, TS 9748, EN 27888, DIN 38404 ve TS 5677, EN 25814 standartlarına uyulmuştur. Sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), bikarbonat (HCO_3^-), klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^{-2}), karbonat (CO_3^-), amonyum (NH_4^+), nitrit (NO_2^- -N) ve nitrat (NO_3^- -N) değerleri ise Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği su ve atıksu laboratuvarında yapılan kimyasal analizler sonucunda elde edilmiştir.

Kullanılan analiz metodları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Parametreler ve kullanılan analiz metodları

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI
Kalsiyum (Ca^{+2})	EDTA-Titrasyon
Magnezyum (Mg^{+2})	EDTA-Titrasyon
Sodyum (Na^{+})	Alev Fotometresi
Potasyum (K^{+})	Alev Fotometresi
Amonyum (NH_4^{+})	Spektrofotometrik
Klorür (Cl^{-})	Spektrofotometrik
Sülfat (SO_4^{-2})	Spektrofotometrik
Nitrit (NO_2^{-} -N)	Spektrofotometrik
Nitrat (NO_3^{-} -N)	Spektrofotometrik
Bikarbonat (HCO_3^{-})	Alkalinite-Titrasyon Hesaplama
Karbonat (CO_3^{-})	Alkalinite-Titrasyon Hesaplama

Yapılan ölçüm ve analiz sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. İnceleme alanından alınan 10 adet numunenin anlık ölçüm ve kimyasal analiz sonuçları (04.10.2004)

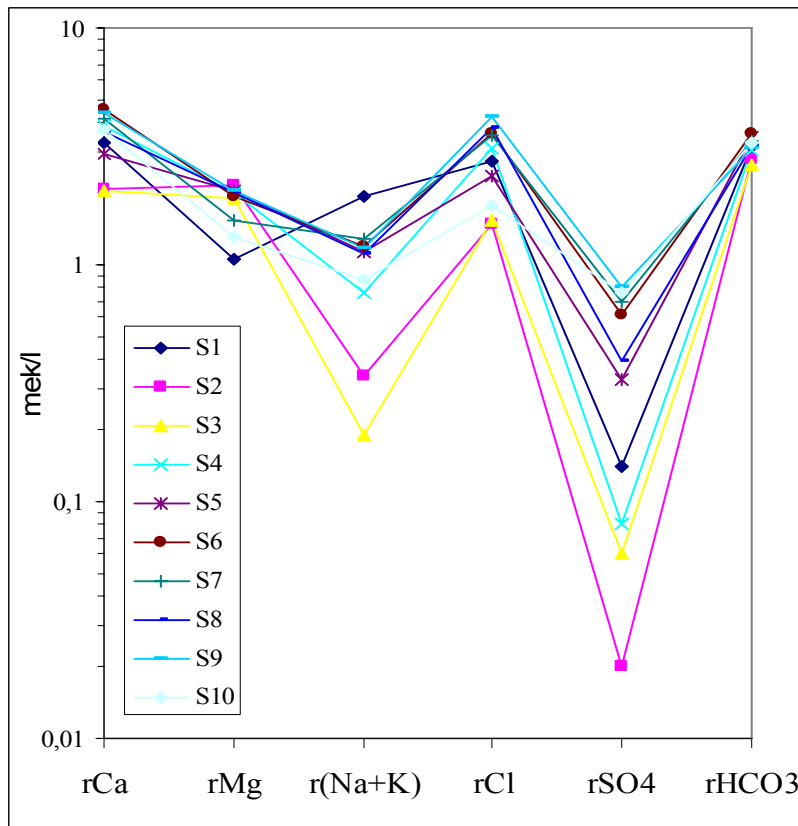
Numune No											
Parametre	Birim	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀
Kalsiyum (Ca ⁺²)	meq/L	3,26	2,10	2,04	3,84	2,96	4,53	4,16	3,68	4,36	3,70
Magnezyum (Mg ⁺²)	meq/L	1,05	2,16	1,92	2,02	2,05	1,93	1,55	2,02	2,05	1,32
Sodyum (Na ⁺)	meq/L	1,93	0,32	0,18	0,65	1,06	0,97	1,26	1,08	1,13	0,83
Potasyum (K ⁺)	meq/L	0,03	0,02	0,01	0,11	0,07	0,22	0,03	0,04	0,04	0,04
Klorür (Cl ⁻)	meq/L	2,76	1,49	1,55	3,1	2,39	3,56	3,5	3,80	4,22	1,77
Sülfat (SO ₄ ⁻²)	meq/L	0,14	0,02	0,06	0,08	0,33	0,62	0,7	0,39	0,81	0,77
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)	meq/L	3,19	2,78	2,62	3,03	3,44	3,60	3,36	3,19	3,11	3,27
pH	-	7,24	7,21	7,28	7,20	7,19	8,80	7,29	7,21	7,17	7,26
Sıcaklık (T)	°C	17,2	15,8	15,5	14,1	14,9	17,2	13,8	13,2	13,0	12,8
Elektriksel İletkenlik (EC)	µS	413	304	310	494	426	1037	486	420	576	415
Fosfat	mg/L	0,11	0,07	0,07	0,04	0,01	0,02	0,08	0,47	0,06	0,24
Bor	mg/L	0,55	0,30	3,00	0,70	0,30	0,80	0,25	0,15	0,60	0,20
Nitrat (NO ₃ ⁻ -N)	mg/L	12,8	9,2	6,72	10	14	14	11,2	17,6	12	12
Çözünmüş Oksijen (DO)	mg/L	3,95	4,36	3,95	2,74	3,75	3,95	3,75	3,55	3,75	3,55

4.2. Analiz Sonuçlarının Grafiksel Gösterimi

Yeraltı su numunelerinin kimyasal verileri derlenir ve görsel olarak sunulur. Bunun için geliştirilmiş grafiksel gösterim yöntemleri bulunmaktadır. Piper ve Schoeller diyagramları bu grafiksel gösterim yöntemlerindendir. Bu şekilde birden fazla kimyasal verinin, aynı diyagram üzerinde grafik olarak sunumu sağlanır. Yani iki diyagramda da pek çok örneğe ait anyon ve katyonları tek grafik üzerinde göstermek mümkündür (15).

4.2.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı

Su numunelerinin analiz sonuçlarının yarı logaritmik Schoeller diyagramı Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı

Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre iyonların sıralaması Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre iyonların sıralaması

Numune No	İyonların Sıralaması	
	Katyonlar	Anyonlar
S ₁	$rCa^{+2} > r(Na^{+} + K^{+}) > rMg^{+2}$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₂	$rMg^{+2} > rCa^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₃	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₄	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₅	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₆	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₇	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$
S ₈	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$rCl^{-} > r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rSO_4^{-2}$
S ₉	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$rCl^{-} > r(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rSO_4^{-2}$
S ₁₀	$rCa^{+2} > rMg^{+2} > r(Na^{+} + K^{+})$	$tr(HCO_3^{-} + CO_3^{-}) > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$

Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre katyon ve anyonların sıralaması yapılmıştır ve Çizelge 4.3.'de iyonların sıralaması verilmiştir. Buna göre; 3, 4, 5, 6, 7 ve 10 numaralı numuneler benzer olup Ca^{+2} ve HCO_3^{-} 'lidir. Bu suların Kızılırmak formasyonu içerisindeki kireçtaşı seviyelerinden beslendiği ve köken bakımından benzer olduğu görülmektedir. 1 numaralı numunede yine Ca^{+2} ve HCO_3^{-} 'lidir. 2 numaralı numune $MgCO_3$ 'lidir. 8 ve 9 numaralı numuneler benzer olup Ca^{+2} ve Cl^{-} 'lidir. Bu çalışmada sadece 2 numaralı su örneğinde SO_4 indirgenmesi belirlenmiştir.

4.2.2. Piper diyagramı

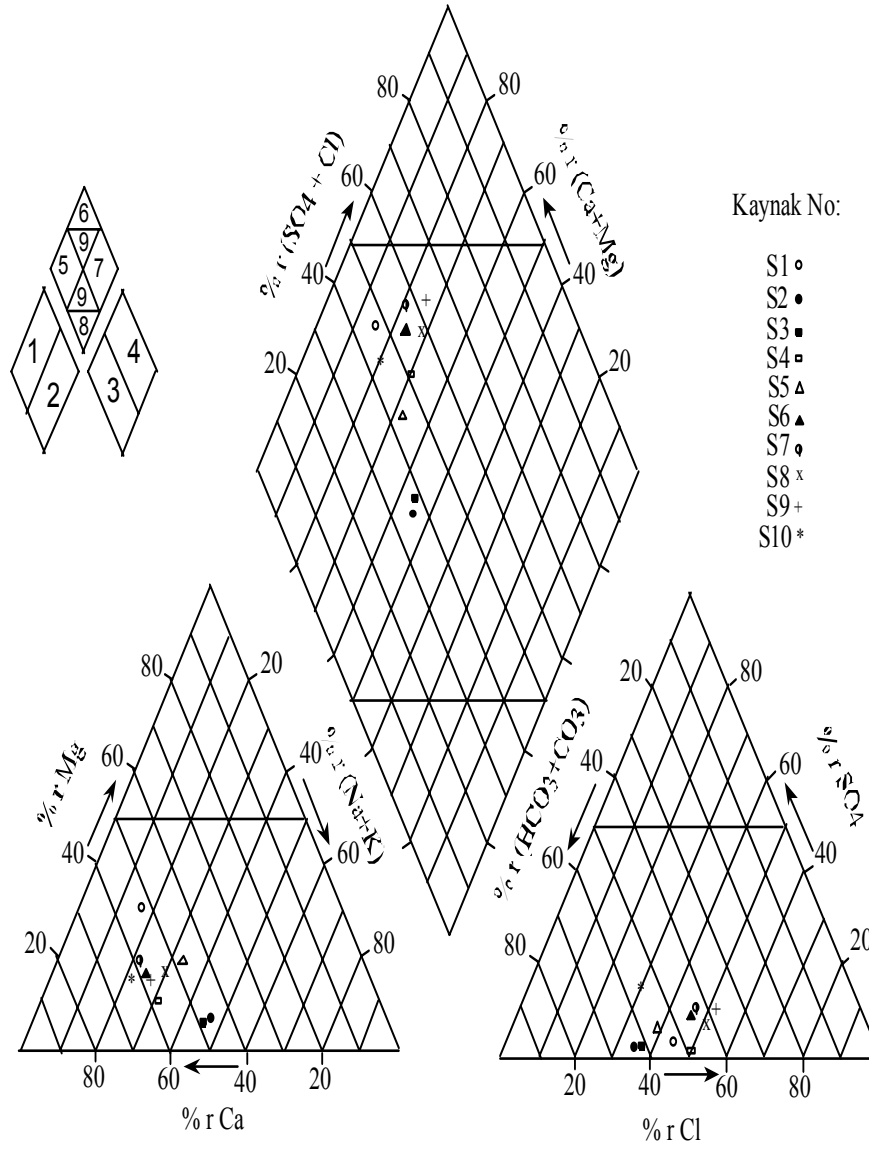
Piper diyagramı, bir tanesi anyonları diğeri katyonları içeren iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşur. Katyonlar, Ca^{+2} - Mg^{+2} -(Na^{+} + K^{+}) üçgeninde yüzde olarak çizilir, anyonlar ise HCO_3^{-} - SO_4^{-2} - Cl^{-} üçgeninde yüzde olarak çizilir. Yüzdesi hesaplanan anyon ve katyonlar meq/L cinsindendir. Bu değerlerin diyagramdaki noktaları, eşkenar dörtgende kesişene kadar uzatılarak birleştirilir.

Piper diyagramının avantajlarını şöyle sıralamak mümkündür. Birden fazla su analizinin aynı diyagramda çizilebilmesi, suların sınıflandırılmasında kullanılabilmesi ve suların karışımının belirlenmesinde kullanılabilmesidir.

İnceleme alanından alınan numuneler için Piper diyagramı Şekil 4.2.'de ve bunun için gerekli anyon ve katyonların % değerleri de Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Piper diyagramı için anyon ve katyonların % değerleri

Numune No	İyonlar					
	Katyonlar (%) meq/L			Anyonlar (%) meq/L		
	Ca^{+2}	Mg^{+2}	(Na^{+} + K^{+})	HCO_3^{-}	SO_4^{-2}	Cl^{-}
S ₁	52	17	31	52	2	45
S ₂	46	47	7	65	0,5	35
S ₃	49	46	5	62	1	37
S ₄	58	31	11	49	1	50
S ₅	48	33	18	56	5	39
S ₆	59	25	16	46	8	46
S ₇	59	22	18	44	9	46
S ₈	54	30	16	43	5	51
S ₉	58	27	15	38	10	52
S ₁₀	63	22	15	56	13	30



Şekil 4.2. İnceleme alanından alınan numuneler için Piper diyagramı

Piper diyagramında, eşkenar dörtgendeki numaralanmış bölgelerin anlamları aşağıda açıklanmıştır.

1. bölgede; Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı, Na^{+} ve K^{+} iyonlarının toplamından fazla olup, burada yer alan sular, karbonatlı ve sülfatlı sulardır.
2. bölgede; Na^{+} ve K^{+} iyonlarının toplamı, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamından fazla olup, burada yer alan sular, tuzlu ve sodalıdır.
3. bölgede; HCO_3^{-} ve CO_3^{-} iyonlarının toplamı, SO_4^{-2} ve Cl^{-} iyonlarının toplamından fazladır.
4. bölgede; SO_4^{-2} ve Cl^{-} iyonlarının toplamı HCO_3^{-} ve CO_3^{-} iyonlarının toplamından fazladır.
5. bölgede; karbonat sertliği, karbonat olmayan sertliğinden fazla olan sulardır. Bu tip sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sulardır.
6. bölgede; karbonat olmayan sertliği, karbonat sertliğinden fazla olan sulardır. Bu tip sular CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sulardır.
7. bölgede; karbonat olmayan alkaliliği, karbonat alkaliliğinden fazla olan sulardır. Bu tip sular Na^{+} , Cl^{-} , Na_2SO_4 ve KCl 'li sulardır.
8. bölgede; karbonat alkaliliği, karbonat olmayan alkaliliğinden fazla olan sulardır.
9. bölgede; hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen sular bulunur.

İnceleme alanından alınan 10 adet su numunesinin kimyasal analiz sonuçları, bu açıklamalara dayanılarak piper diyagramına göre yorumlanmıştır.

1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu numuneler; dyagramın 1, 3 ve 5. bölgelerinde bulunmaktadır. Buna göre, bu sudaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı, Na^+ ve K^+ iyonlarının toplamından fazla olup, karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca HCO_3^- ve CO_3^{2-} iyonlarının toplamı, SO_4^{2-} ve Cl^- iyonlarının toplamından fazladır. Karbonat sertliği, karbonat olmayan sertliğinden fazla olduğu için sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sulardır.

4.2.3. Suların sulama suyu özellikleri

Su içerisinde çözülmüş olarak bulunan kimyasal bileşiklerin, sulama yapılacak alanda mevcut olan bitki ve toprak üzerindeki etkileri, yer altı suyunun kalite bakımından sulama için kullanılıp kullanılamayacağını belirlemede önemlidir. Sudaki tuzlar bitkilere fiziksel ve kimyasal bakımdan zarar verir. Sulama suyunun sınıflandırılmasında sudaki sodyum konsantrasyonu önemlidir (16).

Sudaki sodyum yüzdesi şöyle hesaplanır.

$$\%rNa = \frac{(rNa + rK).100}{rCa + rMg + rNa + rK} \quad [4.1]$$

Sulama sularının sınıflandırılmasında en çok ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılır. Bu diyagram için, Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) gereklidir. Bu değer, direkt olarak sodyumun toprak tarafından adsorbe edilmesi ile ilgilidir (16).

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)'nın hesaplanması ise şöyledir.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}} \quad [4.2]$$

Sodyum Adsorpsiyon Değeri SAR'a göre sulama suyu şu şekilde sınıflandırılır.

$SAR < 8$	Sulama suyu olarak kullanılabilir.
$8 < SAR < 12$	Kontrollü olarak sulama suyu olarak kullanılır.
$12 < SAR$	Sulama suyu olarak uygun değildir.

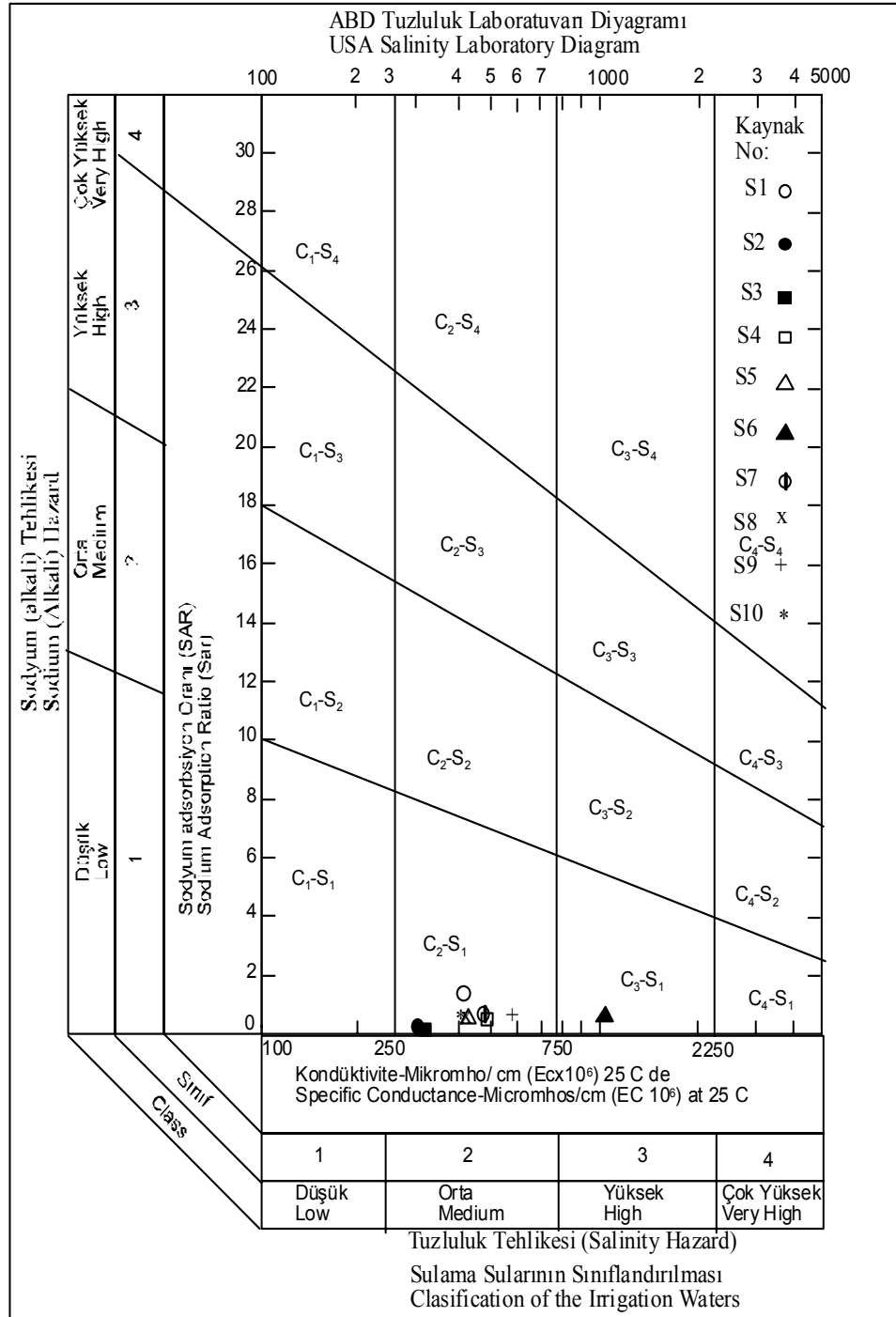
4.2.4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı

İnceleme alanından alınan 10 adet su numunesinin analiz sonuçlarının sodyum yüzdesi ve Sodyum Adsorpsiyon Değeri hesaplanmış ve elektriksel iletkenlik (EC) ile birlikte Çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu değerlere göre çizilen ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı ise Şekil 4.3.’de mevcuttur.

Elde edilen SAR sonuçlarına göre, inceleme alanında bulunan su örneklerinin hepsinin sulama suyu olarak kullanılabileceği söylenebilir. Çünkü tüm SAR değerleri 8’den küçük çıkmıştır.

Çizelge 4.5. Su numunelerinin sodyum yüzdeleri, SAR ve EC değerleri

Numune No	Sodyum Yüzdesi % rNa	Sodyum Adsorpsiyon Değeri (SAR)	Elektriksel İletkenlik (EC) (μS)
S ₁	31,25	1,314	413
S ₂	7,39	0,219	304
S ₃	4,57	0,127	310
S ₄	11,48	0,379	494
S ₅	18,40	0,669	426
S ₆	15,55	0,539	1037
S ₇	18,42	0,745	486
S ₈	16,42	0,639	420
S ₉	15,43	0,631	576
S ₁₀	14,77	0,523	415



Şekil 4.3. İnceleme alanından alınan su numuneleri için ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı, tuzluluk ve sodyum tehlike derecesine göre 16 bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelere göre suyun, tuzluluk ve sodyum miktarı doğrultusunda sınıflandırılması yapılır. Çizelge 4.6'da suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 4.6. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflandırılması

Tuzluluğa Göre Alt Sınıflar	C ₁	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	C ₂	Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
	C ₃	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C ₄	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenaj yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
Sodyum Miktarına Göre Alt Sınıflar	S ₁	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun.
	S ₂	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
	S ₃	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
	S ₄	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılamaz.

İnceleme alanından alınan 10 adet su numunesinin analiz sonuçları, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre değerlendirilmiştir. Buna göre 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numunelerin C₂-S₁ sınıfına; 6 numaralı numunenin ise C₃-S₁ sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Buna göre de 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numuneler, orta tuzlulukta su olup, orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Ayrıca bu numuneler az sodyumlu su olup, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygundur. 6 numaralı numune ise C₃-S₁ sınıfına girdiği için, fazla tuzlu sudur ve bazı bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su olduğu için de sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygundur.

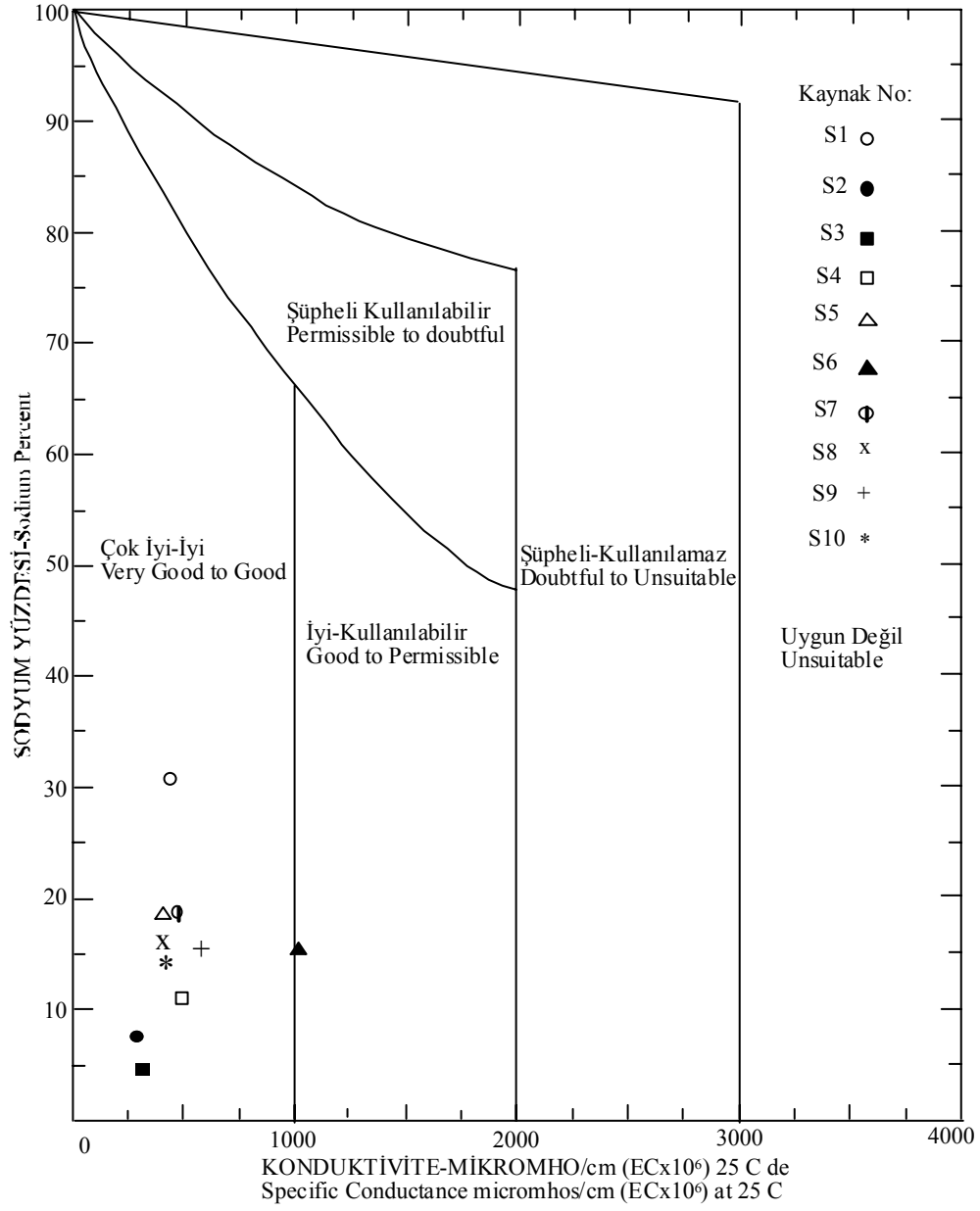
Bu durumda, önceden de belirttiğimiz gibi tüm SAR değerleri 8'den küçük olduğu için, inceleme alanından alınan su numunelerinin hepsi sulama suyu olarak kullanılabilir nitelik taşımaktadır.

4.2.5. Wilcox diyagramı

Wilcox Diyagramı, suların sodyum yüzdesi (%rNa) ve elektriksel iletkenliklerine (EC) bakarak sulama sularının sınıflandırılmasını sağlar.

İnceleme alanından alınan 10 adet su numunesi için Çizelge 4.5.'de EC ve %rNa değerleri önceden verilmiştir ve buna göre Şekil 4.4.'de Wilcox Diyagramı çizilmiştir.

Wilcox Diyagramı üzerinde su numunelerinin analiz sonuçları incelendiğinde; 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı su numuneleri “çok iyi-iyi” sınıfına, 6 numaralı su numunesi ise “iyi-kullanılabilir” sınıfına girmektedir.



Şekil 4.4. İnceleme alanından alınan su numuneleri için Wilcox diyagramı

4.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Sınıflandırma ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 12. maddesinde yeraltı sularının sınıflandırılması yapılmıştır. Yeraltı sularının kalitesine göre yapılan bu sınıflandırma şöyledir.

Sınıf YAS I : Yüksek kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS II : Orta Kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS III : Düşük kaliteli yeraltı suları

i. Sınıf YAS I-Yüksek kaliteli yeraltı suları; İçme suyunda ve gıda sanayiinde kullanılabilen yeraltı sularıdır. Bu sınıfa giren yeraltı suları diğer her türlü kullanım amacına uygundur. Gerektiğinde uygun bir dezenfeksiyon işlemi sonrası içme suyu olarak kullanılabilirler. Sadece havalandırma ile gerekli oksijen sağlanması şartıyla, Sınıf I yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yer altı suları Sınıf YAS I sular olarak kabul edilir.

ii. Sınıf YAS II-Orta kaliteli yeraltı suları; Bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilen sulardır. Bu sular tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir. Sınıf II yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yeraltı suları. Sınıf YAS II sular olarak kabul edilir. Ancak demir, amonyum, mangan ve çözülmüş oksijen için konulmuş sınırların bu sınıfa giren sularda sağlanması gerekli değildir.

iii. Sınıf YAS III-Düşük kaliteli yeraltı suları; Yukarıda verilen kalite parametrelerinden daha kötü özellik taşıyan sulardır. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir.

SKKY Tablo 1 (Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kaliteli kriterleri) Çizelge 4.7.'de verilmiştir. İnceleme alanından alınan yeraltı su numunelerinin kimyasal analiz sonuçları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1'de belirtilen parametrelerle karşılaştırılarak, su numunelerinin her parametreye göre YAS I, YAS II ve YAS III olarak sınıflandırılması yapılmış ve bu sınıflandırma Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. SKKY Tablo 1: Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (13)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg/O ₂ /l) ^a	8	6	3	>3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	>40
5. Klorür iyonu (mgCl ⁻ /l)	25	200	400 ^b	>400
6. Sülfat iyonu (mgSO ₄ ⁻² /l)	200	200	400	>400
7. Amonyum azotu (mgNH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	>2
8. Nitrit azotu (mgNO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05
9. Nitrat azotu (mgNO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	>20
10. Toplam fosfor (mgPO ₄ ⁻³ -P/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	>5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	>300
13. Sodyum (mgNa ⁺ /l)	125	125	250	>250
B) Organik parametreler				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	>70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	>20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	>12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	>5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	>0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	>1.5
7. Fenolik maddeler (ucucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	>0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	>0.5
9. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	>0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1. Civa (µgHg/l)	0.1	0.5	2	>2
2. Kadmiyum (µgCd/l)	3	5	10	>10
3. Kurşun (µgPb/l)	10	20	50	>50
4. Arsenik (µgAs/l)	20	50	100	>100
5. Bakır (µgCu/l)	20	50	200	>200
6. Krom (toplam) (µgCr/l)	20	50	200	>200
7. Krom (µgCr ⁺⁶ /l)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	>50
8. Kobalt (µgCo/l)	10	20	200	>200
9. Nikel (µgNi/l)	20	50	200	>200
10. Çinko (µgZn/l)	200	500	2000	>2000
11. Siyanür (toplam) (µgCN/l)	10	50	100	>100
12. Florür (µgF-/l)	1000	1500	2000	>2000
13. Serbest klor (µgCl ₂ /l)	10	10	50	>50
14. Sülfür (µgS ⁼ /l)	2	2	10	>10
15. Demir (µgFe/l)	300	1000	5000	>5000
16. Mangan (µgMn/l)	100	500	3000	>3000
17. Bor (µgB/l)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	>1000
18. Selenyum (µgSe/l)	10	10	20	>20
19. Baryum (µgBa/l)	1000	2000	2000	>2000
20. Alüminyum (mgAl/l)	0.3	0.3	1	>1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
Alfa aktivitesi	1	10	10	>10
Beta aktivitesi	10	100	100	>100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	>2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	10	20000	100000	>100000

Çizelge 4.8. Yeraltısuyu numunelerinin SKKY Tablo 1'e göre sınıflandırılması

Numune No											
Parametre	Birim	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀
Kalsiyum (Ca ⁺²)	mg/lt	65,33	42,08	40,88	76,95	59,32	23,25	63,33	53,71	87,37	64,13
Magnezyum (Mg ⁺²)	mg/lt	12,67	25,92	23,12	0	24,68	80,75	18,67	24,29	0	15,87
Sodyum (Na ⁺)	mg/lt	64,4	7,48	4,36	15,01	24,4	220,4	29,0	24,9	25,95	19,2
Potasyum (K ⁺)	mg/lt	1,27	0,99	0,42	4,65	0,28	8,76	1,32	1,60	1,63	1,54
Klorür (Cl ⁻)	mg/lt	98	53	55	210	185	362	260	165	412	83
Sülfat (SO ₄ ⁻²)	mg/lt	7	0	0	0	16	300	64	19	39	37
Bikarbonat ((HCO ₃) ⁻)	mg/lt	44	28	20	64	68	21	48	63	34	43
PH	-	7,24	7,21	7,28	7,20	7,19	8,80	7,29	7,21	7,17	7,26
Sıcaklık (T)	mg/lt	17,2	15,8	15,5	14,1	14,9	17,2	13,8	13,2	13,0	12,8
Elektriksel İletkenlik (EC)	mg/lt	413	304	310	494	426	1037	486	420	576	415
Fosfat	mg/lt	0,11	0,07	0,07	0,04	0,01	0,02	0,08	0,47	0,06	0,24
Bor	mg/lt	0,55	0,30	3,00	0,70	0,30	0,80	0,25	0,15	0,60	0,20
Nitrat (NO ₃ ⁻ -N)	mg/lt	12,8	9,2	6,72	10	14	14	11,2	17,6	12	12
Çözünmüş oksijen (DO)	mg/lt	3,95	4,36	3,95	2,74	3,75	3,95	3,75	3,55	3,75	3,55

I. Kalite

II. Kalite

III. Kalite

IV. Kalite

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1’de belirtilen Kıta içi Kaynaklarının Sınıflarına göre kalite kriterleri tablosunda belirtilen değerlere göre, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numuneler YAS I yani Yüksek Kaliteli yer altı suları sınıfına, 6 numaralı numune ise YAS II yani orta kaliteli yer altı suları sınıfına girmektedir. Bu durumda, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numuneler içme suyunda ve gıda sanayiinde kullanılabilir. Her türlü kullanım amacına uygundur. 6 numaralı numune ise bir arıtmadan sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu su tarımsal su, hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

4.4. Suların İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliğine Yönelik TSE, WHO, EPA ve EC Limitleri ve Analiz Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Suların içme suyu olarak kullanılabilirliğine yönelik TSE, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Birliği Limitleri Çizelge 4.9.’da verilmiştir.

İnceleme alanından alınan numuneler için yapılan analizlerin listesi Çizelge 4.8.’de daha önceden verilmiştir. Bu analizlerin sonuçları, yukarıda Çizelge 4.9. ile verilen içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır ve şu sonuçlar elde edilmiştir.

- 6 numaralı numunenin magnezyum (Mg^{+2}) konsantrasyonu 80,75 mg/l olup, TSE 266 standardı limit değeri 50 mg/l’ti aşmaktadır.
- 6 numaralı numunenin sodyum (Na^{+}) konsantrasyonu 220,4 mg/l olup, TSE 266 standardı limit değeri 175 mg/l’ti, WHO standardı limit değeri 200 mg/l’ti ve Avrupa Birliği standardı limit değeri 200 mg/l’ti aşmaktadır.
- 6 numaralı numunenin klorür (Cl^{-}) konsantrasyonu 362 mg/l, 7 numaralı numunenin klorür (Cl^{-}) konsantrasyonu 260 mg/l ve 9 numaralı numunenin klorür (Cl^{-}) konsantrasyonu 412 mg/l olup, WHO, EPA ve Avrupa Birliği standardı limit değeri 250 mg/l’ti aşmaktadır.
- 6 numaralı numunenin sülfat (SO_4^{-2}) konsantrasyonu 300 mg/l olup, TSE, WHO, EPA ve Avrupa Birliği standardı limit değeri 250 mg/l’ti aşmaktadır.

Çizelge 4.9. TSE, WHO, EPA ve Avrupa Birliği İçme Suyu Standartları (17)

Parametre	Türk Standartları TSE 266	WHO	EPA	Avrupa Birliği
Bulanıklık	25	5	5	5
Birincil Standartlar (Mikrobiyolojik)EMS/100 Ml				
Kaliform Bakteri	<1	0	5 % 4	0
Birincil Standartlar (Organik Kimyasallar)				
Toplam Trihalometanlar	-	460	80	100
Birincil Standartlar (İnorganik Kimyasallar) mg/L				
Alüminyum	0,2	0,2	0,2	0,2
Arsenik	0,05	0,01	0,01	0,01
Antimon	0,01	0,005	0,006	0,005
Baryum	0,3	0,7	2	-
Berilyum	-	-	0,004	-
Civa	0,001	0,001	0,002	0,001
Florür	1,5	1,5	4	1,5
Gümüş	0,01	-	0,05	-
Kadmiyum	0,005	0,003	0,005	0,005
Krom (Toplam)	0,05	0,05	0,01	0,05
Kurşun	0,05	0,01	0,015	0,01
Selenyum	0,01	0,01	0,05	0,01
Nitrat (NO ₃)	50	50	10	50
İkincil Standartlar (Estetik) mg/L				
Bakır	3	2	1	2
Çinko	5	-	5	-
Demir	0,2	-	0,3	0,2
Deterjanlar	0,2	-	0,5	-
Klorür	600	250	250	250
Koku eşik değeri	-	Zararı hissedilmeyecek	3	Zararı hissedilmeyecek
Mangan	0,05	0,5	0,05	0,05
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Renk (birim)	20	15	15	-
Sülfat	250	250	250	250
Toplam çözünmüş madde	1500	1000	500	-
İlave Parametreler (mg/L)				
Amonyum	0,5	-	-	0,5
Bakiye klor	0,5	5	-	-
Kalsiyum	200	-	-	-
Magnezyum	50	-	-	-
Sertlik (CaCO ₃)	150	-	-	-
Sodyum	175	200	-	200
Potasyum	12	-	-	-

- 6 numaralı numunenin pH değeri 8,80 olup, WHO ve EPA standardı limit değeri 6,5-8,5'i aşmaktadır.
- 1 numaralı numunenin nitrat (NO_3^-) değeri 12,8, 5 ve 6 numaralı numunelerin nitrat değeri 14, 7 numaralı numunenin nitrat değeri 11,2, 8 numaralı numunenin nitrat değeri 12 olup, EPA standardı limit değeri 10 mg/l't'i aşmaktadır.

Bu nedenle, inceleme alanında bulunan kuyulardaki sular, içilemez su niteliği taşımaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanından alınan numuneler hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmiş, bu kapsamda sığ yer altı sularının kimyasal analizleri yapılarak sonuçlar doğrultusunda grafik ve diyagramlar çizilmiş, bunlar üzerinden numunelerin karşılaştırılması ve yorumu yapılmıştır. Tüm sonuçlar su kirliliği kontrolü yönetmeliği ve uluslararası standart değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda şu sonuçlar elde edilmiştir.

Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramına göre; 3, 4, 5, 6, 7 ve 10 numaralı numuneler benzer olup Ca^{+2} ve HCO_3^- 'lidir. Bu suların Kızılırmak formasyonunun kireçtaşı birimlerinden geçtiği ve köken bakımından benzer olduğu görülmektedir. 1 numaralı numunede yine Ca^{+2} ve HCO_3^- 'lidir. 2 numaralı numune Mg CO_3 'lidir. 8 ve 9 numaralı numuneler benzer olup Ca^{+2} ve Cl^- 'lüdür. 2 numaralı numunenin sülfat değeri diğerlerine göre çok düşük olduğu için bu numunede sülfat indirgenmesi olduğu söylenebilir.

Piper diyagramına göre; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numuneler diyagram üzerinde aynı bölgede yer almaktadır. Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının toplamı Na^+ ve K^+ iyonlarının toplamından fazla olup bu sular, karbonatlı ve sülfatlı sulardır. Ayrıca HCO_3^- ve CO_3^{2-} iyonlarının toplamı SO_4^{2-} ve Cl^- iyonlarının toplamından fazladır.

Karbonat sertliği, karbonat olmayan sertliğinden fazla olduğu için bu sular CaCO_3 'lü ve MgCO_3 'lü sulardır.

10 adet su numunesinin %rNa ve SAR değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen SAR sonuçları 8'den küçük olduğu için, inceleme alanından alınan su örneklerinin hepsi sulama suyu olarak kullanılabilir.

A.B.D. Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre; inceleme alanından alınan 10 adet su numunesinden 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numunelerin $\text{C}_2\text{-S}_1$ sınıfına, 6 numaralı numunenin ise $\text{C}_3\text{-S}_1$ sınıfına girdiği tespit edilmiştir. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve

10 numaralı numuneler, orta tuzlulukta su olup, orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Ayrıca bu numuneler az sodyumlu su olup, sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygundur. 6 numaralı numune ise fazla tuzlu sudur ve bazı bitkiler için kullanılabilir.

Wilcox Diyagramına göre, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı su numuneleri “çok iyi-iyi” sınıfına, 6 numaralı su numunesi ise “iyi-kullanılabilir” sınıfına girmektedir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 1’de belirtilen Kıtaçi Su Kaynaklarının sınıflarına, kalite kriterlerine göre; 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numuneler YAS I yani yüksek kaliteli yer altı suları sınıfına, 6 numaralı numune ise YAS II yani orta kaliteli yer altı suları sınıfına girmektedir.

Sığ yer altı sularının hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmesi yanında içme suyu kalitesi açısından da değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuçlar içme suyu standartları ile karşılaştırıldığında, 6 numaralı numunenin Mg^{+2} konsantrasyonu TSE 266 standart limit değerlerini, Na^{+} konsantrasyonu TSE 266, WHO ve EPA ve Avrupa Birliği standart limit değerlerini; Cl^{-} konsantrasyonu WHO, EPA ve Avrupa Birliği standart limit değerlerini, SO_4^{-} konsantrasyonu TSE 266, WHO, EPA ve Avrupa Birliği standart limit değerini ve pH değeri de WHO ve EPA standart limit değerlerini aşmaktadır. 7 ve 9 numaralı numunelerin Cl^{-} konsantrasyonları WHO, EPA ve Avrupa Birliği standart limit değerlerini aşmaktadır. 1, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı numunelerin NO_3^{-} değerleri EPA standardı limit değeri 10mg/L’yi aşmaktadır. Bu nedenle inceleme alanında bulunan kuyulardan alınan bu sular içilemez su niteliği taşımaktadır. Yani içme suyu olarak kullanılmamalıdır. Yer altı suyundaki bu nitratin, tarımsal amaçlı kullanılan gübreden ya da evsel atıksulardan kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Canik, B., Hidrojeoloji Yer altı Sularının Aranması, İşletilmesi Kimyası, *A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü*, Ankara, (1998).
2. Kırmızıtaş, H., “Yeraltısuyu Arama Faaliyetleri”, *DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Etüt ve Değerlendirme Şube Müdürlüğü*, Ankara, (1999).
3. Kara, H., *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü* 1:100.000 ölçekli açınısma Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No: 37, Kırşehir-G18 Paftası, Ankara, (1991).
4. Kara, H., *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü* 1:100.000 ölçekli açınısma Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No: 54, Yozgat-G19 Paftası, Ankara, (1997).
5. Erol O., *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü* 1:1000.000 ölçekli Türkiye Jeomorfoloji Haritası, Ankara, (1991).
6. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektronik Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Sayı: 2005/B.18.1.DMİ.0.77.00.03/2004 1 Rasat Bilgisi, (2005).
7. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Elektronik Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Sayı: 2005/B.18.1.DMİ.0.77.00.03/2004 1 Rasat Bilgisi, Aylık toplam yağış miktarları (2005).
8. Seymen, İ., Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi, *İTÜ Maden Fakültesi, Doçentlik tezi*, (yayımlanmamış) İstanbul, 164, (1982).
9. Göncüoğlu, M.C., Geologic des westhichen Niğde *Massivs. Bonn Univ. Doktora tezi*, (yayımlanmamış) 181, (1977).
10. Dökmeci, İ., Akdağmadeni dolayının jeolojisi, *MTA raporu*, derleme No: 6855 Ankara (yayımlanmamış), (1980).
11. Erkan, Y., Ataman, G., Orta Anadolu masifinin (Kırşehir yöresi) metamorfizma yaşı üzerinde K/Ar yöntemi ile bir inceleme, *H.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 8: 27-30, (1981).
12. *Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği ABD.* Su Kimyası Laboratuvarı-Anyon-Kasyon Analizi için Su örnekleme <http://www.sukimyasilob.hacettepe.edu.tr/turkcelornekleme1.shtml> (2004).

13. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, **Çevre Bakanlığı**, 4 Eylül 1988 tarihli ve 19919 sayılı resmi gazete.
14. Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, **Çevre Bakanlığı**, 7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı resmi gazete, (1991).
15. Freeze, R.A., Cherry, J.A., “Yeraltısuyu, (Çev. K. Kayabalı)”, **Gazi Kitabevi**, Ankara, 78, (2003).
16. Todd, D.M., “Groundwater Hydrology (Çev. A. Özkan),” **DSİ Matbaası**, Ankara, 198-217 (1965).
17. TS 266 Sular-İçme ve Kullanma Suları, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1997).

EKLER

**EK-1 ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ARAŞTIRMA VE BİLGİ İŞLEM DAİRE
BAŞKANLIĞI KIRŞEHİR İLİ METEOROLOJİ VERİLERİ VE METEOROLOJİK ELEMANLAR**

Enlem : 39.09
Boylam : 34.10
Yükseklik : 10007 m

METEOROLOJİK ELEMANLAR	Rasat S. (YIL)	AYLAR													YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Ortalama Yerel BASINÇ (hPa)	30	902.6	901.5	900.4	899.4	900.6	900.2	899.0	899.9	902.3	904.2	904.3	903.3	901.5	
En Yüksek Yerel Basınç (hPa)	30	917.8	918.0	916.9	910.5	909.5	909.6	909.0	907.9	913.2	914.6	914.4	916.1	918.0	
En Düşük Yerel Basınç (hPa)	30	806.0	881.1	880.9	884.1	889.7	890.2	890.3	876.4	891.4	874.4	887.7	884.5	806.0	
Saat 07'deki Ortalama Sıcaklık (C)	30	-2.8	-2.2	0.9	6.8	11.7	15.8	18.5	17.7	13.0	7.7	2.3	-0.7	7.4	
Saat 14'deki Ortalama Sıcaklık C)	30	2.9	4.6	9.6	15.2	19.9	24.3	28.2	28.2	24.7	18.5	11.0	4.9	16.0	
Saat 21'deki Ortalama Sıcaklık (C)	30	0.7	0.6	4.9	10.2	14.5	18.8	22.6	22.4	17.8	11.9	5.5	1.2	10.8	
Ortalama Sıcaklık (C)	30	0.3	0.9	5.1	10.6	15.1	19.4	23.0	22.7	18.3	12.5	6.1	1.6	11.3	
Ort. Sıcaklık>=5 C old. günler sayısı	30	4.2	6.6	16.5	27.7	30.8	30.0	31.0	31.0	30.0	30.1	19.0	7.2	264.1	
Ort. Sıcaklık>=10 C old. günler sayısı	30	0.1	0.3	4.6	17.0	28.7	30.0	31.0	31.0	29.8	23.0	5.6	0.6	201.7	
Ortalama Yüksek Sıcaklık	30	4.2	5.9	11.0	16.7	21.3	25.7	29.5	29.5	25.8	19.6	12.1	6.0	17.3	
Ortalama Düşük Sıcaklık	30	-4.1	-3.3	-0.2	4.8	8.8	12.4	15.7	15.6	11.3	6.6	1.3	-2.0	5.6	
En Yüksek Sıcaklık Günü	30	30	23	27	11	28	27	30	13	18	1	5	4	30	
En Yüksek Sıcaklık Yılı	30	2001	1987	2001	1998	1994	1996	2000	2002	1994	1999	1990	1980	2000	
En Yüksek Sıcaklık (C)	30	16.2	19.2	25.6	30.0	31.9	35.0	40.2	37.3	36.2	32.8	23.5	18.9	40.2	
Yük. Sıcaklık>=30 C old. ort. Günler sayısı	30				0.0	0.6	4.7	14.0	14.5	4.7	0.4			38.9	
Yük. Sıcaklık>=25 C old. ort. Günler sayısı	30			0.1	1.7	7.1	17.0	28.3	28.1	18.6	5.1			106.0	
Yük. Sıcaklık>=20 C old. ort. Günler sayısı	30			1.7	8.0	20.0	27.6	30.8	31.0	27.3	16.1	1.4		163.9	
Yük. Sıcaklık>=0.1 C old. ort. Günler sayısı	30	6.5	4.5	1.0						29	29	0.4	3.9	16.3	
Günlük En Yüksek Sıcaklık Farkı	30									1992	2003	25	27	8	
En Düşük Sıcaklık Günü	30	25	8	3	11	10	4	1	28	2.0	-3.80	1995	2002	1991	
En Düşük Sıcaklık Yılı	30	1989	1991	1985	1997	1986	1990	1978	2000		1.0	-14.8	-22.0	-23.2	
En Düşük Sıcaklık (C)	30	-22.0	-23.2	-21.8	-8.2	-1.4	2.6	6.4	6.6		0.1	11.0	20.2	91.6	
Düşük Sıcaklık<=-0.1 C old. ort. Günler sayısı	30	23.4	19.3	14.2	2.4	0.1						4.5	11.7	53.0	
Düşük Sıcaklık<=-3 C old. ort. Günler sayısı	30	15.8	13.1	7.3	0.5							2.2	7.3	34.7	
Düşük Sıcaklık<=-5 C old. ort. Günler sayısı	30	11.9	9.0	4.1	0.2							0.4	1.6	11.8	
Düşük Sıcaklık<=-10 C old. ort. Günler sayısı	30	5.3	3.7	0.8									0.1	2.6	
Düşük Sıcaklık<=-15 C old. ort. Günler sayısı	30	1.2	1.0	0.3									0.0	0.3	
Düşük Sıcaklık<=-20 C old. ort. Günler sayısı	30	0.1	0.2	0.0										3.2	
Düşük Sıcaklık>=20 C old. ort. Günler sayısı	30						0.1	1.6	1.5	0.0				48.0	
Düşük Sıcaklık>=15 C old. ort. Günler sayısı	30				0.0	0.4	5.9	19.6	18.5	3.4	0.2			124.1	
Düşük Sıcaklık>=10 C old. ort. Günler sayısı	30			0.1	2.0	11.8	24.2	30.4	30.4	19.9	5.0	0.2	0.1	198.1	
Düşük Sıcaklık>=5 C old. ort. Günler sayısı	30	0.4	0.7	3.4	15.0	27.5	29.9	31.0	31.0	29.3	21.8	6.4	1.7	4.1	
Ortalama Topraküstü Minimum Sıcaklık	30	-5.2	-4.5	-1.7	3.3	7.2	10.7	14.1	14.0	9.7	5.1	-0.1	-3.1	-27.6	
En Düşük Topraküstü Minimum Sıcaklık	30	-25.0	-27.6	-23.8	-12.0	-2.4	1.0	4.6	3.8	0.0	-6.0	-16.2	-22.8	111.5	
Top. Üs. Min. Sıc.<=-0.1 C old. günler sayısı	30	25.9	21.5	18.9	4.8	0.5					2.5	14.9	22.5	69.1	
Top. Üs. Min. Sıc.<=-3 C old. günler sayısı	30	18.7	16.0	10.1	1.6						0.6	7.4	14.7	46.5	
Top. Üs. Min. Sıc.<=-5 C old. günler sayısı	30	14.3	11.4	6.3	0.4						0.2	4.1	9.8	15.5	
Top. Üs. Min. Sıc.<=-10 C old. günler sayısı	30	6.3	4.7	1.4	0.0							0.5	2.6	8.7	
Ortalama Buhar Basıncı (hPa)	30	4.9	4.9	5.8	8.0	10.2	11.8	13.4	13.0	10.8	8.8	6.8	5.5	78	
Saat 07'deki ortalama bağıl nem (%)	30	85	84	84	82	77	71	68	69	73	81	86	86	47	
Saat 14'deki Ortalama Bağıl nem (%)	30	67	60	49	46	43	39	35	34	36	43	54	66	64	
Saat 21'deki ortalama bağıl nem (%)	30	81	77	68	66	64	55	47	46	51	65	76	82	64	
Ortalama Bağıl Nem (%)	30	76	73	67	64	61	55	50	50	53	63	72	78	3	
En Düşük Bağıl Nem (%)	30	25	12	5	8	3	5	3	5	8	4	13	8		

İstasyon Çalışma Süresi : 1975-2004
 Enlem : 39.09
 Boylam : 34.10
 Yükseklik : 10007 m

Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı
 (KIRŞEHİR) KIRŞEHİR

METEOROLOJİK ELEMANLAR	Rasat S. (YIL)	AYLAR												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Saat 07'deki Ortalama Bulutluluk (0-10)	30	6.9	6.3	5.3	5.3	3.9	2.3	1.4	1.2	1.7	3.6	5.0	6.6	4.1
Saat 14'deki Ortalama Bulutluluk (0-10)	30	6.8	6.4	6.1	6.4	5.7	4.2	2.8	2.5	2.6	4.2	5.5	6.5	5.0
Saat 21'deki Ortalama Bulutluluk (0-10)	30	5.5	4.9	4.1	4.3	3.7	2.3	1.0	0.7	1.0	2.6	3.8	5.4	3.3
Ortalama Bulutluluk (0-10)	30	6.6	6.1	5.5	5.6	4.8	3.4	2.3	2.3	2.6	4.1	5.3	6.5	4.6
Ort. Açık Günler Sayısı (Bult. 0.0-1.9)	30	2.8	3.6	5.5	4.0	5.5	11.0	18.2	19.0	16.7	10.9	6.5	3.8	107.5
Ort. Bulutlu Günler Sayısı (Bult. 2.0-8.0)	30	15.5	14.9	17.3	18.4	20.6	16.3	10.6	8.9	10.0	14.5	14.7	14.5	176.2
Ort. Kapalı Günler Sayısı (Bult. 8.1-10.0)	30	12.7	9.8	8.2	7.7	4.9	2.7	2.3	3.1	3.3	5.7	8.7	12.7	81.8
Saat 07'deki Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	30	17.6	14.5	17.2	20.5	13.8	6.2	3.0	2.0	4.8	11.4	18.3	21.9	151.2
Saat 14'deki Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	30	12.8	6.9	7.7	12.0	12.3	9.3	1.2	1.3	2.2	7.9	12.2	12.7	98.5
Saat 21'deki Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	30	11.2	9.5	10.3	20.7	22.5	13.2	3.1	2.4	4.5	12.3	12.4	13.3	135.4
Ortalama Toplam Yağış Miktarı (mm)	30	41.3	31.1	35.4	52.6	47.2	31.1	7.4	5.7	11.5	30.8	42.9	48.3	385.3
Günlük En Çok Yağış Miktarı (mm)	30	29.0	33.8	30.2	42.1	51.2	66.0	20.7	24.8	25.5	30.4	37.8	40.2	66.0
Yağış>=0.1 mm olduğu günler sayısı	30	12.3	10.8	10.5	12.1	12.0	6.9	2.6	1.7	3.0	7.0	9.3	12.9	101.1
Yağış>=10 mm olduğu günler sayısı	30	1.1	0.6	0.9	1.4	1.2	0.9	0.2	0.2	0.3	1.1	1.5	1.5	10.9
Yağış>=50 mm olduğu günler sayısı	30					0.0	0.0							0.0
Ortalama Kar Yağışlı Günler Sayısı	30	7.2	6.6	4.8	1.1	0.1			0.1		0.2	2.0	5.3	27.3
Ortalama Kar Örtülü Günler Sayısı	30	12.0	9.7	3.8	0.3	0.0					0.1	1.7	7.6	35.2
En Yüksek Kar Örtüsü Kalınlığı (cm)	30	30.0	41.0	30.0	6.0	3.0					1.0	16.0	30.0	41.0
Ortalama Sisli Günler Sayısı	30	2.8	1.1	0.2	0.1	0.1					0.1	0.9	3.0	8.1
Ortalama Dolulu Günler Sayısı	30	0.1	0.1	0.3	1.0	0.8	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	3.0
Ortalama Kırağılı Günler Sayısı	30	9.2	7.2	5.8	1.6	0.1					1.3	7.6	9.0	41.1
Ortalama Orağılı Günler Sayısı	29	0.0	0.2	0.6	2.6	6.8	4.4	1.8	1.2	1.6	0.8	0.1	0.1	20.2
Saat 07'deki Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	30	2.0	2.3	2.2	1.9	2.1	2.6	3.5	3.5	2.9	2.2	2.0	1.9	2.4
Saat 14'deki Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	30	2.8	3.5	3.8	3.8	3.5	3.5	3.8	3.5	3.0	2.9	2.8	2.7	3.3
Saat 21'deki Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	30	2.0	2.3	2.5	2.2	2.4	3.3	4.6	4.8	3.4	2.4	2.2	1.9	2.8
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	30	2.3	2.7	2.9	2.6	2.7	3.1	4.0	3.9	3.1	2.5	2.3	2.2	2.9
En Hızlı Esen Rüzgarın Yönü	30	NNE	N	SSW	SE	WSW	WNW	NW	WSW	NE	SSE	S	NW	NW
En Hızlı Esen Rüzgarın Hızı (m/s)	30	29.4	29.6	27.9	29.7	27.8	26.5	41.3	30.0	26.0	26.2	25.6	30.0	41.3
Ort. Fırtınalı Gün Sayısı (rüz.hız>=17.2 m/s)	30	2.0	2.1	2.4	2.7	2.2	2.5	4.0	3.9	1.8	1.5	1.7	2.1	28.9
Ort Kuv. Rüz. Gün Sayısı (rüz.hız 10.8-17.1 m/s)	30	6.4	6.6	9.3	10.2	10.7	12.7	16.6	16.6	10.3	7.7	5.7	5.3	118.1
N Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	500	468	532	448	505	652	749	714	722	623	519	446	6878
N Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	3.6	4.1	3.9	3.8	3.6	3.9	4.3	4.2	3.8	3.5	3.3	3.4	3.8
NNE Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	186	217	270	200	296	330	427	421	260	297	196	199	3299
NNE Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	3.2	3.3	3.5	3.0	3.2	3.9	5.1	4.9	4.1	3.6	3.3	2.6	3.8
NE Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	102	101	113	87	161	211	355	352	200	130	104	103	2019
NE Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	3.2	4.1	5.0	4.3	4.4	5.0	5.9	6.1	5.1	4.5	3.3	3.9	5.0
ENE Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	76	59	53	62	76	51	91	92	54	51	53	70	788
ENE Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.0	2.1	2.4	2.9	3.1	3.4	5.4	5.1	3.7	2.8	1.8	1.7	3.2
E Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	35	35	38	28	26	23	14	23	20	31	26	36	335
E Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	1.5	1.4	2.1	1.7	2.5	1.8	3.7	4.3	3.3	2.4	2.4	1.4	2.2
ESE Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	67	46	62	54	35	23	18	25	27	24	48	71	500
ESE Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	1.8	1.7	2.2	1.9	2.1	1.8	3.2	3.9	2.5	2.7	2.0	1.7	2.1
SE Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	50	57	49	39	39	14	13	19	32	38	56	57	463
SE Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.2	2.4	1.9	2.0	3.1	2.0	3.0	2.0	2.1	2.2	2.2	1.7	2.2
SSE Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	161	139	121	121	73	38	28	32	42	91	128	141	1115
SSE Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.0	2.1	2.3	2.2	2.1	1.8	2.1	2.2	2.3	1.7	1.9	1.7	2.0

İstasyon Çalışma Süresi : 1975-2004
 Enlem : 39.09
 Boylam : 34.10
 Yükseklik : 10007 m

Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı

(KIRŞEHİR) KIRŞEHİR

METEOROLOJİK ELEMENLER	Rasat S. (YIL)	AYLAR												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
S Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	171	107	101	88	79	43	36	23	47	65	143	174	1077
S Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.7	2.7	3.0	2.5	2.5	2.3	2.6	2.8	2.2	2.1	2.6	2.8	2.6
SSW Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	332	272	237	243	166	107	76	68	115	194	261	349	2420
SSW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.5	3.2	3.5	3.4	2.6	2.4	2.4	2.2	2.3	2.5	2.6	2.5	2.8
SW Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	150	128	156	193	145	90	71	69	163	141	139	136	1581
SW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.2	3.1	3.6	3.7	3.2	3.3	2.7	3.1	3.1	3.2	2.6	2.8	3.1
WSW Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	119	128	172	205	177	108	78	84	144	111	96	106	1528
WSW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	1.9	2.4	3.5	3.3	3.3	3.0	2.8	2.7	3.1	2.3	2.1	2.0	2.8
W Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	52	72	64	75	84	92	53	49	74	48	32	48	743
W Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.2	3.0	3.1	3.6	3.1	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	1.7	2.4	2.8
WNW Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	52	78	74	89	84	123	80	99	91	61	62	51	944
WNW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	1.9	2.9	2.8	2.1	2.7	2.9	2.6	2.7	2.4	1.8	2.1	1.9	2.5
NW Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	67	58	69	92	94	124	125	148	72	86	75	69	1079
NW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.0	2.4	2.8	2.2	2.2	2.7	2.8	2.9	2.3	1.9	2.4	2.7	2.5
NNW Rüzgarın Esme Sayıları Toplamı	30	255	258	298	294	368	449	454	459	410	437	368	283	4333
NNW Rüzgarın Ortalama Hızı (m/s)	30	2.6	2.9	2.7	2.4	2.6	2.9	3.3	3.1	2.6	2.3	2.5	2.5	2.7
Ortalama 5 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	1.5	2.6	6.8	12.9	18.8	24.1	28.2	27.7	22.1	14.5	7.1	2.8	14.1
En Düşük 5 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	-5.3	-7.4	-3.6	2.5	6.5	13.3	16.1	18.5	10.1	3.4	-1.9	-8.9	-8.9
Ortalama 10 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	1.4	2.3	6.4	12.5	18.2	23.2	27.2	26.9	21.8	14.5	7.2	2.8	13.7
En Düşük 10 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	-4.6	-6.5	-4.2	2.7	6.2	13.5	16.9	18.9	11.6	5.1	-0.8	-7.5	-7.5
Ortalama 20 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	2.0	2.6	6.1	11.7	16.9	21.6	25.2	25.3	21.6	15.4	8.2	3.6	13.4
En Düşük 20 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	-3.2	-4.0	-1.8	3.8	7.0	15.5	17.4	20.1	13.9	6.8	1.0	-5.7	-5.7
Ortalama 50 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	3.7	3.8	6.3	11.1	15.8	20.2	23.8	24.5	21.8	16.8	10.3	5.7	13.7
En Düşük 50 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	0.4	-0.3	0.5	5.7	9.1	14.9	18.5	20.9	16.2	9.5	4.4	0.4	-0.3
Ortalama 100 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	6.5	5.7	6.8	10.1	13.7	17.6	21.0	22.4	21.4	18.2	13.4	9.1	13.8
En Düşük 100 cm Toprak Sıcaklığı (C)	30	3.6	2.7	3.0	6.3	9.5	14.2	18.2	19.7	18.5	13.5	8.3	5.8	2.7
Ortalama Buharlaşma (mm)	25				101.2	162.9	215.2	296.1	282.3	190.8	107.5	25.0		
Günlük En Çok Buharlaşma (mm)	25	0.0	0.0	0.0	13.7	88.8	13.8	16.6	16.9	12.7	9.5	4.7	0.0	88.0
Günlük Ort. Güneşlenme Süresi (saat, dakika)	30	02:58	04:13	05:36	06:31	08:39	10:45	11:55	11:26	09:40	07:06	05:00	02:58	07:14
Günlük Ort. Güneşlenme Şidt. (cal/cm2. dak.)	30	179.76	262.96	360.97	427.19	509.57	559.94	569.73	516.40	432.79	308.68	210.27	157.72	374.67
Aylık En Yük. Genişlenme Şidt. (cal/cm2. dak.)	30	1.23	1.61	1.67	1.65	1.70	1.77	1.92	1.66	1.66	1.40	1.90	1.22	1.92
Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (C)														0.0
En Yüksek Deniz Suyu Sıcaklığı (C)														
En Düşük Deniz Suyu Sıcaklığı (C)														

İstasyonun Çalışma Süresi : 1975-2004

Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı

EK-2 SUYUN KULLANIM AMACINA (İÇMEYE VE SULAMAYA) UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ VE SU ANALİZ SONUÇLARININ YORUMLANMASI

SUYUN KULLANMA AMACINA UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Yeraltısuyu genellikle içme-kullanma, sulama ve endüstri suyu olarak kullanılır. Suyun amacına uygunluğunun incelenmesinde birçok özellikler ölçülür ve kaydedilir. Bunlar fiziksel ve kimyasal özelliklerdir.

A. Fiziksel Özellikler

1. Sıcaklık

Yerüstü sularının ve sığ kuyuların sıcaklığı mevsimlere göre büyük değişimler göstermesine rağmen derin kuyu sularının sıcaklığı sabit olabilir. Erimiş gaz miktarı (bilhassa oksijen) düşük olduğundan ılık suların içimi serin sulara nazaran daha az hoş a gider. İçme suları için sıcaklık limitleri 7°C'den 10°C'ye kadardır. 5°C ile 15°C ise alt ve üst limit olarak kabul edilir.

2. Renk

Renk sularda erimiş maddelerden ileri gelir. Genellikle suyun temasta olduğu organik maddeler içinden süzülmesiyle oluşur. Renk tayini yapılacak numunelerde süspansiyon maddeleri ve tortu santrifüjlenerek giderilmelidir. İyi bir suyun rengi 5mg/lt platini aşmamalıdır. Bunun üst limiti 50mg/lt'dir. İyi bir suda gözle görülebilir renk olmamalıdır.

3. Asılı Katılar

Numune içerisinde bulunan süspansoidlerdir (kil, mil vs.). Suda süzme suretiyle ayrılabilirler. İçme suyunda asılı katıların miktarı sıfır veya buna yakın olmalıdır.

4. Koku ve Tad

Koku ve tad fiziksel özellikler arasında en az hoş görülebilir. İyi bir suda, bunların her ikisinin de hissedilir miktarlarda bulunmaması lazımdır.

Koku, renk ve asılı katılar içme suyu için önemlidir. Sulama işlemlerinde kullanılmak için bu özelliği önemli değildir.

B. Kimyasal Özellikler

1. pH

Tabii bir suyun pH değeri bazik veya asitliğinin ölçümüdür. Suyun içerdiği hidrojen iyonlarının negatif logaritması olarak tarif edilir. $pH = -\log (H^+)$

Nötr bir suyun pH'ı 7'dir. Bu değerden daha düşük pH'lı sular asidik daha yüksek pH'lı sularda bazik özellik gösterirler. Suyun asidik veya bazik karakterde bulunması, içerisinde çözdüğü iyonlar dolayısıyladır.

Bir suyun pH'ının bilinmesi suyun çürütücü veya kireçlendirici olduğu hakkında hüküm verirken bilinmesi gereken en önemli özelliklerden birisidir. Genel olarak 7'den düşük pH değerli su çürütücü ve 7'den yüksek pH değerli su kireçlendiricidir. Ancak diğer analiz sonuçlarıyla birlikte kullanılmadıkça bu sonuç yanıltıcı olabilir. pH değeri 6,5-9 arasında olan su içme suyu olarak kullanılmaya elverişlidir.

2. Elektrik Kondüktivite (EC)

Maddenin elektrik akımını geçirme özelliğidir. Bir suyun elektrik kondüktivitesi o suyun iyonsal yoğunluğunun bir ölçüsüdür.

Suda erimiş maddeler pozitif ve negatif yüklü iyonlara ayrılınca su geçirgenlik özelliğini kazanır. İyon miktarı arttıkça çözeltinin elektrik geçirgenliği de artar. Yer

altı suyu ve diğer çözeltilerin elektrik kondüktiviteleri çözeltideki toplam çözünmüş eleman miktarına göre değişir. Fakat her elemanın EC değeri aynı değildir.

Bir çözeltinin temperaturü yükselince elektrik geçirgenlik kabiliyeti de artar. Bundan dolayı, elektrik kondüktivite değerlerini mukayese için, bunların aynı temperaturde ölçülmüş olmaları ve aynı birimle ifade edilmeleri gerekir.

EC'si nispeten yüksek olan sular, içinde çürümeye neden olacak diğer kimyasal bileşimleri içermese bile, demir ve çelik üzerinde önemli çürütme etkileri yaparlar. EC çözeltideki elektrik yüklü iyonların faaliyetlerinin bir sonucu olduğundan, kondüktivite arttıkça eriyikte elektrokimyasal olayların gelişmesine daha fazla imkan sağlamış olur. Elektrokimyasal olaylarda suyun çürütücü etkilerini artırdığından, yer altı suyunda kondüktivite yükseldikçe suyun çürütme etkilerinin artacağı tabiidir.

3. Sodyum (Na)

Bütün tabii sular az veya çok sodyum içerirler. Hemen hemen tüm sodyum bileşikleri suda çözünürler.

Sulama sularında, bilhassa kil bünyeli topraklarda kullanıldığı zaman yüksek sodyum son derece kritiktir. Sodyum iyonu, toprak karışımı içindeki baz değişimi maddeleri ile reaksiyonu neticesinde hakim katyon durumuna geçerse uygun olmayan toprakları oluşturabilirler. Bol miktarda değişebilen Na içeren toprak alkali topraktır. Bu topraklar, tarıma elverişsiz, düşük hava miktarı ve zayıf geçirgenlik ile karakterize edilebilir.

4. Potasyum (K)

Doğal sularda potasyum konsantrasyonu birkaç miliekiyalan litreyi hemen hemen hiç geçmez. Potasyumun insan fizyolojisi üzerinde bir etkisi yoktur.

Potasyum bitki yetişmesinde çok gereklidir ve çoğu kez gübre olarak toprağa karıştırılır.

5. Kalsiyum (Ca)

Kolay eriyen kireçtaşının bolluğu dolayısıyla genellikle yer altı sularının hakim kasyonu kalsiyumdur. Sertliğin başlıca nedenidir. Tuzlu bir lezzet verecek kadar fazla miktarda olmamak şartı ile Ca'un fizyolojik bir tesiri yoktur.

Bitki gelişmesinde kalsiyum esastır ve bir sulama suyunda bol miktarda bulunması, yüksek sodyum tehlikesini azaltır.

6. Magnezyum (Mg)

Kalsiyum gibi suya sertlik veren bir iyondur. Sudaki yüksek konsantrasyonu suya acılık verir. İçme sularında fazla Mg bulunması istenmez. Çünkü, insan bünyesinde mşhil tesiri yapar.

Klorofilin mühim bir bileşim elemanı olması dolayısıyla Mg bitki gelişiminde esastır. Sulama suyundaki varlığı sodyum tehlikesini azaltır.

7. Sertlik

Genel olarak sulardaki sertlik kalsiyum ve magnezyum iyonlarından kaynaklanır. Alman, Fransız ve İngiliz sertlik birimleri vardır. Biz bunlardan Fransız sertlik birimini kullanmaktayız. 1 litrede 10 mg CaCO_3 içeren suyun sertliği 1 Fransız sertlik derecesidir.

Sudaki toplam sertlik, karbonat ve karbonat olmayan (devamlı sertlik) sertlik olmak üzere iki kısımda incelenir.

Karbonat sertliği Ca ve Mg'un suda çözünmüş karbonat ($\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$) ve bikarbonatlarından $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-Mg}(\text{HCO}_3)_2]$ ileri gelir. Bu sertlik suyun kaynatılması ve CaCO_3 ve MgCO_3 çökertilmesi suretiyle giderilebildiği için buna geçici sertlik adı verilir.

Devamlı sertlik, kalsiyum sülfat (CaSO_4), magnezyum sülfat (MgSO_4), kalsiyum klorür (CaCl_2), magnezyum klorür (MgCl_2), kalsiyum nitrat $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$, magnezyum nitrat $[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2]$ ve kismende diğer kimyasal bileşiklerden oluşur. Karbonat olmayan sertlik suları kaynatmak suretiyle giderilemediği için buna devamlı sertlik de denir. Toplam sertlik, karbonat sertliği ile devamlı sertliğin toplamıdır.

Sertliğin, bilhassa endüstride kabuklanma yapması dolayısıyla önemi büyüktür. İyi bir içme suyunun sertliği 32 FS° den az olmalıdır. 45 FS° kabul edilen üst limittir.

8. Karbonat ve Bikarbonat ($\text{CO}_3\text{+HCO}_3$)

Sudaki CO_3 ve HCO_3 iyonlarının nisbi miktarı pH ve CO_3 miktarına bağlıdır. $\text{CO}_3\text{+HCO}_3$ 'a toplam alkalinite de denir.

Gerek toprak eriyiğinde gerekse sulama suyunda sodyum karbonatlar kesinlikle istenmez. Bunlar toprağın sodikleşmesine neden olur ve bitkilerin gelişmesini engeller.

Su içinde çözünmüş bulunan CO_3 ve HCO_3 iyonlarının suyun çürütücü özelliğine tesir etmeleri nedeniyle tayini mühimdir.

9. Sülfat (SO_4)

Yer altı sularındaki sülfat genel olarak jips ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrit (CaSO_4) veya diğer sülfat içeren formasyonlardan gelir. Bundan başka pirit mineralinin

aksidasyonu ile de sülfat oluşur ve yer altı suyuna geçebilir. İçme sularında SO_4 200 mg/l't'i geçmemelidir. Fazlası müshil tesiri yapar.

Sülfat iyonunun topraklar üzerinde, tuzluluğu artırmaktan başka karakteristik bir etkisi yoktur. Sülfat, sulama sularında yeter derecede yoğun olursa jips halinde çöker. Sülfat iyonu bitki beslenmesi için esas olduğundan, bütün sulama sularında mevcut olmalıdır.

10. Klorür (Cl)

Bütün tabii sularda değişik miktarlarda vardır. Klorür deniz suyunun ve bazı maden sularının başlıca iyonudur.

Bu iyon içme sularında az miktarda bulunursa suya hoş bir lezzet verir. Limitler genellikle sıhhi olmaktan ziyade lezzetle ilgilidir. İçme suyu için kabul edilen alt limit 200 mg/l't, üst limit 400 mg/l't'dir.

Genellikle klorür bileşiklerinin çözünme özellikleri çok yüksektir. Çökelme yapmadıklarından yer altı suyu akımı yönünde konsantrasyonları artar. Yüksek konsantrasyonları çoğu bitkilerin büyümesini engeller ve orta miktarlar da bile bazı ürünleri zehirler.

SUYUN İÇMEYE UYGUNLUĞUNUN TAYİNİ

Bir suyun içmeye uygunluğu , içerdiği fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik elemanlar yönünden, verilen standartlar ile karşılaştırılarak anlaşılır. Bu karşılaştırmada önemli olan husus, verilen değerlerin esnekliğinin bilinmesi ve limit değerlere yakın durumlarda isabetli karar alınabilmesidir.

İçme ve kullanma suyunda aranan en mühim özellik sağlığa uygun olmasıdır. Bir suyun kirlenmesinin en büyük belirtisi içerdiği nitrit, amonyak ve organik maddedir. Analiz sonuçlarında suda nitrit ve amonyak çıkmışsa suyun kalitesi hakkında karar

vermek için bakteriyolojik analizi gereklidir. Bir içme suyunda amonyağın mevcut nitritin olmayışı bu sudaki kirlenmenin yeni olduğunu gösterir. Organik madde için sarf olunan oksijen miktarının litrede 3,5 miligramı geçmemesi lazımdır.

Suların sıhhi kalitesi hakkında bir hükme varılabilmesi bakteriyolojik muayenesinin yapılmasını da gerektirir. Bir suda koliform bakteri varsa o su mutlaka hastalık mikrobi içerir. Ancak su örneği alındığı andan itibaren en geç 24 saat içinde analiz edilmelidir. Aksi halde her geçen zaman sudaki koliform sayısını önemli miktarda değiştirir ve genellikle azalır yok olmalarına sebep olur.

SUYUN SULAMAYA UYGUNLUĞUNUN TAYİNİ

Doğal suların sulama suyu olarak kullanılabilmesi fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Aslında bir bitkinin gelişmesi bir çok faktöre bağlıdır. Bunlar toprağın cinsi, bölgenin iklimi, drenaj, bitkinin cinsi, sulama usulü ve tatbik edilen yetiştirme usulleridir ve suyun kimyasal özellikleri kadar önemlidir.

Mahsul ve toprak bizzat sulama suyuna değil, sulamadan doğan toprak eriyiğine reaksiyon gösterir. Bu nedenle bir suyun sulamaya uygun olup olmadığı hakkında bir karara varmak için o suyun hangi toprakta kullanılacağını da bilinmesi lazımdır.

Anyon ve katyonların kantitatif tayininden sonra sulama suyu sınıflandırması için lazım olan aşağıdaki hesaplar yapılır ve analiz raporuna ilave edilir. Bunlar;

$$1. \%rNa = \frac{(rNa + rK).100}{rCa + rMg + rNa + rK}$$

$$2. SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$

$$3. R.S.C = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

Sulama Suyunun Sınıflandırılması

En çok kullanılan sınıflandırma sistemleri,

1. Scofield Sistemi

Sular elektriksel iletkenlik (EC) (25°C micromho/cm) ve sodyum yüzdesine (%Na) göre sınıflandırılmışlardır.

Sınıflandırma	EC	%Na
Sınıf 1. Çok iyi	250'den az	20'den az
Sınıf 2. İyi	250-750	20-40
Sınıf 3. Kullanılabilir	750-2000	40-60
Sınıf 4. Şüpheli	2000-3000	60-80
Sınıf 5. Uygun değil	3000'den fazla	80'den fazla

2. Wilcox ve Magistad Sistemi

Bu sistemde %Na, Bor, Klorür ve EC değerleri dikkate alınmıştır.

Sınıflandırma	EC	%Na	Bor (ppm)	Klorür (mek/lt)
Sınıf I	1000'den fazla	60'dan az	0,5 den az	5,0'dan az
Sınıf II	1000-3000	60-75	0,5-2,0	5,0-10,0
Sınıf III	3000'den fazla	75'den fazla	2,0'dan fazla	10'dan fazla

3. Wilcox Grafik Sistemi

Bizde de kullanılan ve EC ve %Na esasına dayanan bir sistemdir. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan Wilcox diyagramında yatay eksen üzerinde EC değeri, düşey eksen üzerinde ise %Na değeri bulunur. İkisinin kesiştiği nokta Wilcox sistemine göre suyun sınıfını verir. Wilcox diyagramında sular 5 gruba ayrılır. Bunlar; çok iyi-iyi, iyi-kullanılabilir, şüpheli-kullanılabilir, şüpheli-kullanılamaz ve uygun değildir.

4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

EC ve SAR (Sodyum adsorpsiyon oranı) değerlerine dayanan bir sistemdir. Bu diyagramda sular 16 gruba ayrılmaktadır. Yatay eksen EC değeri, düşey eksen ise SAR değeri bulunur. Elde edilecek noktalardan çıkılan dikmelerin birbirini kestiği nokta suyun sınıfını gösterir.

Grupların yorumu şöyledir;

$C_1(EC < 250 \text{ micromho/cm})$ az tuzlu su; her toprakta her türlü mahsülün sulanmasında kullanılabilir.

$C_2(250 < EC < 750 \text{ micromho/cm})$ orta tuzlu su; orta derecede drenajı olan topraklarda, tuzluluk kontrolü için özel çalışma yapılmaksızın her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilir.

$C_3(750 < EC < 2250 \text{ micromho/cm})$ yüksek tuzlu su; drenajı sınırlı topraklarda kullanılamaz. Tuzluluğun özel surette kontrolüne ihtiyaç olabilir. Tuza oldukça dayanıklı bitkilerin seçilmesi gerekir.

$C_4(EC > 2250 \text{ micromho/cm})$ çok yüksek tuzlu su; toprağın geçirgen, drenajın elverişli olması, tam yıkamayı sağlamak için bol su verilmesi ve tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesi gibi özel şartlar altında sulama suyu olarak kullanılabilir.

S_1 , az sodyumlu su; hemen hemen her toprakta, sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir.

S_2, S_3 , orta ve yüksek sodyumlu su; ekseri topraklarda zararlı derecede sodyum tehlikesi yaratır. İyi drenaj ve bol su ile sulama yaparak çok iyi yıkamayı temin ve organik maddeler ilavesi gibi bazı şartlar altında kullanılabilir.

S_4 , çok yüksek sodyumlu su; sulama maksatları için uygun değildir.

SU ANALİZ SONUÇLARININ YORUMU

Su analiz sonuçlarının yorumu, başlangıçta sıraladığımız amaçlara ulaşılacak şekilde, suların kimyasal analiz sonuçlarının tek tek topluca değerlendirilmesidir. Ancak bu genel amaçlar dışında, özel amaçlar için de yorumlar istenebilir. Bu durumlarda rutin analizlere ilaveten özel amaçlı, ayrıntılı kimyasal analizler de gerekebilir. Bir suyun kimyasal analizinin yorumunda temel malzeme gene analizin kendisidir. Ancak bu analiz sonucunu topluca görebilmek, iyonlar arası karşılaştırmaları kolaylaştırmak, birkaç suyu birbiri ile kıyaslamak ve bu şekilde daha iyi yorum yapabilmek amacı ile diyagramlar kullanılır.

1. Üçgen (Piper) Diyagramı

Suları gruplandırmak ve tiplerini belirlemekte kullanılan bu diyagramlar bir eşkenar üçgenden ibarettir. Bu metotta iyonlar % değerleri ile diyagrama geçilir. Anyonlar ve katyonlar için ayrı ayrı birer üçgen kullanılabileceği gibi tek bir üçgene hem anyonlar hem katyonlar da işaretlenebilir. İyonların üçgenin köşelerine nasıl yerleştirileceği verilen üçgen diyagramı şeklinde gösterilmiştir. Diyagramda, her iyonun yerleştirildiği köşenin karşısındaki kenar, o iyonun % değerinin sıfır olduğu doğruyu; iyonun yazıldığı köşe ise iyonun %100 olduğu noktayı gösterir. Buna göre iyonun hesaplanan % değeri üçgen üzerinde işaretlenir ve işaretlenen bu üç noktadan, her iyonun sıfır doğrusuna paraleller çizilir (çizilen üç paralel aynı noktada kesişmelidir. Başka bir deyişle üçüncü paralel, iki paralelin kesişme noktasından geçmelidir. Buna göre iki iyonun %'sini hesaplamak yeterlidir). Paralellerin kesiştiği nokta suyun % iyon bakımından kimyasal karakterini gösterir. Anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı üçgenlerde işaretlendikten sonra, bu iki noktadan, bir paralel kenara çizilen paralellerin kesiştiği nokta bulunarak, su tek bir nokta ile temsil edilmek üzere, bir eşkenar dörtgene taşınmış olur.

Eşkenar dörtgende suyu temsil eden noktanın bulunduğu bölge suyun ana karakterini gösterir. Tüm sular için noktalar işaretlendiğinde, aynı kökenli sular yaklaşık olarak aynı bölgede toplanır. Böylece üçgen diyagramlar suların tiplerini belirlemek ve suları gruplandırmakta faydalı olurlar.

Eşkenar dörtgendeki numaralanmış bölgelerin hangi anlama geldiği aşağıda açıklanmıştır.

1. Bölgeye düşen bir suda $\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$; karbonatlı ve sülfatlı sulardır.
2. Bölgede, $\text{Na}+\text{K}>\text{Ca}+\text{Mg}$; tuzlu ve sodalı sulardır.
3. Bölgede, $\text{HCO}_3+\text{CO}_3>\text{Cl}+\text{SO}_4$
4. Bölgede, $\text{Cl}+\text{SO}_4>\text{HCO}_3+\text{CO}_3$
5. Bölgede, karbonat sertliği>karbonat olmayan sertlik; böyle sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sulardır.
6. Bölgede, karbonat olmayan sertlik> karbonat sertliği; CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sulardır.
7. Bölgede, karbonat olmayan alkaliliği>karbonat alkaliliği; NaCl , Na_2SO_4 ve KCl 'lu sulardır.
8. Bölgede, karbonat alkaliliği>karbonat olmayan alkalik
9. Bölgede, hiçbir iyonun %50'yi geçmediği sular bulunur.

2. Yarı Logaritmik Diyagramlar (Schoeller Diyagramı)

Bu tür diyagramda yatay eksene belirli aralıklar ile iyonlar sıralanır. Düşey eksen logaritmik ölçeklidir. Bir su bu diyagramda gösterilirken her iyonun mek/lt değeri, kendine ait logaritmik eksenle gösterilip işaretlenerek elde edilen noktalar birleştirilir. Böylece bir su, kırık çizgiler halinde temsil edilmiş olur. Bu grafikte sular, aritmetik eksenli grafiklerden daha sade bir şekilde görülür.

H. Schoeller tarafından geliştirildiği için Schoeller Diyagramı da denilen bu diyagramın diğerlerine göre bazı üstünlükleri vardır.

Diğer diyagram tiplerinden faydalanarak, bir suyun tipi ve karakteri hakkında söylenebilen hususlar bu diyagrama göre de söylenebilir.

Ayrıca bu diyagramda birden fazla su birarada gösterilebilir. Görünüşü daha sade ve anlaşılması kolaydır. Her iyonun değeri tek başına görülebildiği gibi iyonların birbirine oranları da bir bakışta görülebilir. Gerekirse Mg/Ca, SO₄/Cl gibi anlamlı bazı oranlar grafikten hesaplanabilir.

Bu diyagramın bir başka üstünlüğü de sonuçları mg/lt olarak verilen analizlerin, bir hesaplama gerektirmeden mek/lt olarak diyagrama geçirilebilmesidir. Bunun için yarı logaritmik diyagramla aynı açıklıkta bir logaritmik şerit, hesap cetveli şeklinde kullanılarak mg/lt olarak verilen iyon değerleri, mek/lt olarak diyagrama işlenir.

Yarı logaritmik diyagrama işlenmiş bir suyun analizine bakarak, aynı kökenli suları ayırmak ve suları gruplandırmak, suyun geldiği formasyonu tahmin etmek, baz değişmesi ve sülfat indirgenmesi olup olmadığını anlamak ve su tiplerinin belirlemek mümkündür. Bu şekilde yorumlar yaparken, aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir.

1. Yarı logaritmik diyagrama çizilen su analizlerinde, kırık çizgileri birbirine paralel sular, aynı tür formasyondan gelen sulardır. Örnek diyagramdaki 1, 2 ve 3 ile

numaralı sular aynı kökenli sulardır. 2 numaralı su 1 numaralıya göre, 3 numaralı su 6 numaralı suya göre daha tazedir. Çünkü diyagramda daha alt kısımda bulunan su beslenme sahasına daha yakındır.

2. Na ve Cl değerleri birbirine yakın (Na ve Cl değerlerini birleştiren çizginin eğimi küçük) ve hakim iyonlar ile HCO_3 ise, su kalker formasyonlarından gelmektedir. Örnek grafikte 3 ve 6 numaralı sular kireçtaşı sularıdır. Böyle bir suda Ca değeri Mg değerinden yüksek ise, suyun temas ettiği kalker karasal kökenli, bunun tersine ise denizel kökenlidir. Aynı şekilde, dolomit sularında da Mg değeri Ca'a eşit veya daha yüksektir.
3. Diyagramda sülfat değeri diğer iyonlara göre çok düşükse su sülfat indirgenmesine uğramış demektir. Örnek diyagramda 4 numaralı su böyle bir suyu gösterir.
4. Toplam tuz miktarı yeterince yüksek olduğu halde klorür ile sodyum değerleri bir hayli farklı ise, bu suda baz değişimi olmuş demektir. Böyle sular muhtemelen killere uzun süre temas ederek baz değişimine uğramıştır. Örnek diyagramda 5 numaralı su, baz değişimine uğramış bir suyu göstermektedir.
5. Diyagramda hakim anyon sülfat ve bikarbonat da kısmen düşük ise, böyle bir su fazlaca jips çözmüş demektir. Örnek diyagramda 1 ve 2 numaralı sular bu tür jipsli zemin sularını göstermektedir.

**EK-3 T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI DSİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
JEOTEKNİK HİZMETLER VE YER ALTISULARI DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KIRŞEHİR-SEYFE OVASI HİDROJEOLJİK ETÜT RAPORU ANALİZ
SONUÇLARI, DİYAGRAMLAR VE HİDROJEOLOJİ HARİTASI**

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ec $\times 10^6$ 25 °C	Katyonlar me/l				Anyonlar me/l					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıf	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
4	Geyicek Kıranyurdu	1973	0	8.2	415	0.32	0.01	3.70		0.40	2.60	0.30	0.73	4.03	7.94	0.23	C2 S1	18.50
5	Büyük Burunağıl	1973	0	7.5	1700	1.03	0.22	15.60		0	0.90	7.60	8.35	16.85	6.11	0.36	C3 S1	78.00
6	Küçük Burunağıl	1973	0	7.7	900	0.95	0.03	8.10		0	1.60	2.80	4.68	19.08	10.46	0.47	C3 S1	40.50
7	Küçük Burunağıl	1973	0	8.2	480	0.54	0.04	4.00		0.40	2.30	0.72	1.16	4.58	11.79	0.38	C2 S1	20.00
8	Yukarı Karaova	1973	0	7.8	500	1.73	0.03	3.30		0	1.80	2.00	1.26	5.06	34.18	1.34	C2 S1	16.50
9	Yukarı Karaova	1973	0	8.3	800	1.84	0.03	6.10		0.80	2.20	2.84	2.13	7.97	23.08	1.05	C3 S1	30.50
10	Tataryeğenağa	1973	0	8.2	500	0.47	0.03	4.60		0.80	1.80	1.00	1.60	5.10	9.21	0.30	C2 S1	23.00
11	Tataryeğenağa	1973	0	8.1	550	0.70	0.63	4.10		0.40	2.60	0.92	1.51	5.43	12.89	0.48	C2 S1	20.50
12	Başköy	1973	0.40	8.0	970	2.70	0.80	5.80		0.80	5.40	1.32	1.78	9.30	29.03	1.58	C3 S1	29.00
13	Başköy	1973	0	7.9	700	0.45	0.04	6.30		0	1.20	2.64	2.95	6.79	6.62	0.25	C2 S1	31.50

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ec $\times 10^6$ 25 °C	Kasyonlar me/lt				Anyonlar me/lt					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
14	Küçük karaova	1973	0	8.1	600	0.82	0.04	5.20		0.40	2.40	1.40	1.86	6.06	13.53	0.50	C2 S1	26.00
15	Küçük karaova	1973	0	8.2	500	1.08	0.04	3.70		0.80	2.50	0.84	0.68	4.82	22.40	0.79	C2 S1	18.50
16	Kıran	1973	0	8.0	2500	19.00	0.22	4.50		0.40	3.50	20.00	0.22	24.12	78.77	12.66	C4 S3	22.50
17	Kıran	1973	0	7.9	330	0.58	0.01	2.70		0	1.80	0.84	0.65	3.29	17.62	0.49	C2 S1	13.50
18	Tataryeniyapan	1973	0	8.1	740	2.35	0.01	5.20		0.40	2.60	2.52	2.04	7.56	31.08	1.45	C2 S1	26.00
19	Tataryeniyapan	1973	0	8.2	1000	0.47	0.09	10.00		0.40	3.10	2.90	4.16	10.56	4.45	0.21	C3 S1	50.00
21	Aşağı İlcek	1973	0.20	7.9	500	0.85	0.36	3.90		0	4.10	0.44	0.61	5.11	16.63	0.60	C2 S1	19.50
22	Aşağı İlcek	1973	0	8.2	400	0.47	0.01	3.50		0.60	2.40	0.48	0.50	3.98	11.80	0.35	C2 S1	17.50
25	Sadık	1973	0	8.1	400	1.08	0.01	3.00		0.40	1.60	0.44	1.65	4.09	26.40	0.88	C2 S1	15.00
26	Sadık	1973	0	7.7	550	1.08	0.01	4.50		0	2.60	1.00	1.39	5.59	19.32	0.72	C2 S1	22.50

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ec $\times 10^6$ 25 °C	Katyonlar me/l				Anyonlar me/l					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
30	Avuç	1973	0	7.9	500	0.54	0.01	4.30		0	2.80	0.48	1.57	4.85	11.13	0.36	C2 S1	21.50
31	Horla Mah.	1973	0	8.0	3000	10.80	2.10	17.50		0.60	5.50	17.60	6.70	30.40	35.52	3.65	C4 S1	87.50
32	Yazıkınık	1973	0	8.1	500	1.73	0.05	3.00		0.40	1.80	1.48	1.10	4.78	36.19	1.41	C2 S1	15.00
33	Yazıkınık	1973	0	8.1	400	0.76	0.01	3.10		0.60	1.70	0.40	1.17	3.87	19.63	0.61	C2 S1	15.50
41	Boztepe	1973	0	8.0	600	1.24	0.36	4.60		0.40	2.00	1.40	2.40	6.20	20.00	0.81	C2 S1	23.00
42	Boztepe	1973	0	8.1	500	0.54	0.18	4.00		0.40	2.10	0.72	1.50	4.72	11.44	0.38	C2 S1	20.00
43	Dalakçı	1973	0	8.2	950	1.24	0.13	8.00		0.80	3.40	2.30	2.87	9.37	13.23	0.62	C3 S1	40.00
44	Dalakçı	1973	0	7.9	900	1.16	0.20	7.50		0	1.80	3.90	3.16	8.86	13.09	0.59	C3 S1	37.50
47	Karacaören	1973	0	8.1	240	0.30	0.09	2.10		0.40	1.30	0.22	0.57	2.49	12.04	0.29	C1 S1	10.50
48	Karacaören	1973	0	7.8	590	0.36	0.09	5.40		0	2.10	1.48	2.27	5.85	56.15	0.21	C2 S1	27.00

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ecx10 ⁶ 25 °C	Kasyonlar me/lit				Anyonlar me/lit					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
56	Eskidoğanlı	1973	0	8.4	800	2.04	0.06	5.80		0.80	3.20	2.00	1.90	7.90	25.82	1.19	C3 S1	29.00
57	Eskidoğanlı	1973	2.10	8.6	1200	8.25	0.02	4.50		1.40	5.20	2.10	4.07	12.77	64.60	5.50	C3 S1	22.50
58	Seyfe	1973	0	8.2	700	1.95	0.02	4.70		0.80	3.20	1.44	1.23	6.67	29.23	1.27	C2 S1	23.50
64	Kızıldağyeniyapan	1973	0.10	8.2	1400	9.20	0.44	4.10		0.80	3.40	8.90	0.64	13.74	66.95	6.42	C3 S2	20.50
65	Kızıldağyeniyapan	1973	0	8.4	2100	13.26	1.12	5.60		1.20	4.00	11.20	3.58	19.98	66.36	7.92	C3 S2	28.00
67	Hasanlar	1973	0	8.0	500	0.40	0.07	4.50		0.60	1.90	0.62	1.85	4.97	8.04	0.26	C2 S1	22.50
69	Göçmen	1973	0	8.2	500	0.30	0.05	4.60		0.40	2.30	0.56	1.69	4.95	6.06	0.19	C2 S1	23.00
70	Güzyurdu	1973	0	8.2	450	0.84	0.02	3.80		0.40	1.80	0.67	1.78	4.66	18.02	0.60	C2 S1	19.00
71	Güzyurdu	1973	0	8.0	450	0.84	0.01	3.70		0.60	1.20	0.84	1.91	4.55	18.46	0.61	C2 S1	18.50
72	Karaarkaç	1973	0	8.1	3400	23.20	0.22	9.80		0.40	1.50	6.60	24.72	33.22	69.83	10.48	C4 S3	49.00

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ec10 ⁶ 25 °C	Kasyonlar me/l				Anyonlar me/l					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
73	Karaarkaç	1973	0	8.0	2100	5.80	0.05	14.50	0.40	1.60	3.40	14.95	20.35	28.50	2.15	C3 S1	72.50	
74	Üçkuyu	1973	0	8.0	510	0.59	0.02	4.50	0.40	1.50	1.52	1.69	5.11	11.54	0.39	C2 S1	22.5	
77	Hüseyinli	1973	0	8.4	1630	8.25	0.01	7.70	1.20	4.30	4.20	6.26	15.96	51.69	4.20	C3 S1	38.50	
78	Hüseyinli	1973	0	8.6	1640	8.25	0.25	7.90	1.00	6.60	4.30	4.50	16.40	50.30	4.15	C3 S2	39.50	
83	Harmanaltı	1973	0	8.3	1100	5.80	0.51	4.80	0.80	3.40	2.90	4.01	11.11	52.20	3.74	C3 S2	24.00	
84	Harmanaltı	1973	0	8.0	800	2.70	0.06	5.40	0.40	3.40	2.04	2.32	8.16	33.08	1.64	C3 S1	27.00	
85	Külhüyük	1973	0	8.2	700	2.95	0.06	4.40	0.40	2.10	2.48	2.43	7.41	39.81	1.98	C2 S1	22.00	
86	Külhüyük	1973	0	8.2	840	2.95	0.03	5.40	0.60	4.20	1.32	1.66	8.38	35.20	1.79	C3 S1	27.00	
91	Hashüyük	1973	0	8.2	480	1.41	0.01	3.40	0.60	1.50	0.68	2.04	4.82	29.25	1.08	C2 S1	17.00	
94	Çimeli	1973	0	8.2	430	0.36	0.03	3.70	0.60	2.00	0.54	0.95	4.09	8.80	0.26	C2 S1	18.5	

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ec $\times 10^6$ 25 °C	Kasyonlar me/ltr				Anyonlar me/ltr					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
95	Çimeli	1973	0	8.2	400	0.36	0.10	3.70		0.60	2.70	0.36	0.50	4.16	8.65	0.26	C2 S1	18.50
96	Terziyanlı	1973	0	7.9	550	1.16	0.06	4.20		0	3.40	0.72	1.30	5.42	21.40	0.80	C2 S1	21.00
97	Terziyanlı	1973	0	7.9	550	0.54	0.05	5.00		0	1.80	1.20	2.50	5.50	9.81	0.34	C2 S1	25.00
98	Terziyanlı	1973	0	7.9	700	0.86	0.06	5.80		0	1.50	1.88	3.34	6.72	12.79	0.50	C2 S1	29.00
99	Hamurlubeşler	1973	0	7.8	570	0.54	0.05	4.80		0	1.80	1.12	2.47	5.39	10.01	0.34	C2 S1	24.00
106	Çiğdeli	1973	0	7.9	3300	2.25	0.06	32.50		0	1.70	1.80	31.31	34.81	6.46	0.55	C4 S1	162.50
109	Aşağıöksüz kale	1973	0	8.0	3000	15.69	0.47	15.30		0.40	2.20	4.20	24.66	31.46	49.87	5.67	C4 S2	76.50
113	Öksüz kale	1973	0	7.9	810	1.84	0.13	6.10		0	1.90	2.24	3.93	8.07	22.80	1.05	C3 S1	30.50
115	Kartalkaya	1973	0	7.8	1300	3.50	0.07	9.40		0	4.00	3.70	5.32	13.02	26.88	1.61	C3 S1	47.00
119	Boztepe	1973	0	8.2	440	0.76	0.01	3.90		0.40	2.80	0.30	1.17	4.67	16.27	0.54	C2 S1	19.50

SIĞ KUYU SULARININ KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Kuyu No	Kuyu Adı	Numunenin Alındığı Tarih	RSC	pH	Ecx10 ⁶ 25 °C	Kasyonlar me/ltr				Anyonlar me/ltr					% Sodyum	SAR	Suyun Sınıfı	Sertlik FS°
						Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Toplam				
120	Boztepe	1973	0.60	8.4	630	3.25	0.01	3.10		0.80	2.90	0.64	2.02	6.36	51.10	2.61	C2 S1	15.50
122	Tosunburnu	1973	0	8.1	520	0.82	0.07	4.20		0.40	1.80	1.08	1.81	5.09	16.11	0.56	C2 S1	21.00
123	Öksüz kale	1973	0	8.2	600	1.83	0.22	4.90		0.40	2.30	1.16	3.09	6.95	26.33	1.16	C2 S1	24.50
124	Yenidoğanlı	1973	0	8.1	520	1.72	0.05	3.30		0.60	1.30	1.24	1.93	5.07	33.92	1.33	C2 S1	16.50
125	Yenidoğanlı	1973	0	8.4	1900	15.43	0.82	4.20		1.00	3.20	7.60	8.65	20.45	75.45	10.64	C3 S2	21.00
126	Güzyurdu	1973	0	8.2	380	0.70	0.01	3.10		0.60	1.50	0.36	1.35	3.81	18.37	0.56	C2 S1	15.50

ÖZGEÇMİŞ

25.08.1979 tarihinde Ankara'nın Polatlı ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Polatlı'da tamamladı. 1997 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı. Üniversiteden 2001 yılında başarıyla mezun olduktan sonra 2002 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.