

752672

T. C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KAYSERİ-İNCESESU-DOKUZPINAR SU KAYNAKLARININ KALİTESİ VE  
ÇEVRESEL ETKİLERİN İNCELENMESİ**

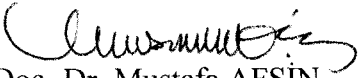
**GAMZE SÖNMEZ**


YÜKSEK LİSANS TEZİ  
DANIŞMAN: PROF.DR. HATİM ELHATİP

HAZİRAN-2004

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne:

Bu çalışma jürimiz tarafından ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.


  
**Başkan:** Doç. Dr. Mustafa AFŞİN  
N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi

  
**Üye:** Prof. Dr. Hâtım ELHATİP  
N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi

  
**Üye:** Yrd. Doç. Dr. Ali ALAŞ  
N.Ü. Aksaray Eğitim Fakültesi

ONAY:

Bu tez 18/05/2004 tarihinde, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 16/06/2004 tarih ve 2004/12-0 sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

  
.....  
.....16.../06/2004  
Doç. Dr. Aydın TOPÇU  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

### KAYSERİ-İNCESU-DOKUZPINAR SU KAYNAKLARININ KALİTESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİN İNCELENMESİ

SÖNMEZ, Gamze

Niğde Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hatim ELHATİP

Haziran 2004, 72 Sayfa

Bu çalışmada, İncesu-Dokuzpınar yeraltı soğuk su kaynaklarının mevcut kalitesi, kirlilik boyutları ve kaynakları ile standartlara göre kullanıma uygun olup olmadığının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Kasım-2002, Nisan-2003 ve Ağustos-2003 aylarında olmak üzere, üç ayrı dönemde numuneler alınmıştır. Bu numunelerle suyun kalitesini ve kirlilik durumunu yansıtacak analizler yapılmıştır.

Dokuzpınar yeraltı su kaynakları yöre halkı tarafından içme suyu amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ancak bölgede yaygın olarak yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetleri, evsel atık sular, deterjan kullanımı ve kaynak çevresindeki katı atıklar suyun kirlenmesine neden olmaktadır. Özellikle tarımsal faaliyetler ve hayvancılığın suyun kirlilik kaynakları arasındaki önemi analiz sonuçlarına da yansımıştır.

Çalışma sonucunda Dokuzpınar yeraltı sularının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, söz konusu faaliyetlerin minimum düzeyde olduğu Kasım ayında I. sınıf kaliteli su değerlerini sağladığı, ancak Nisan ve Ağustos aylarında bazı parametrelerin sınırları aştığı görülmüştür.

Su kalitesinin iyileştirilmesi ve içme suyu olarak da kullanılabilirliğinin devamı için kaynak çevresinde koruma alanlarının oluşturulması ve yöre halkının faaliyetlerini daha bilinçli bir şekilde gerçekleştirmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Dokuzpınar soğuk su kaynakları, Su kalitesi, Kirlenme, Kayseri.

## SUMMARY

### INVESTIGATION OF WATER QUALITY AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF İNCESU DOKUZPINAR SPRINGS IN KAYSERİ, CENTRAL ANATOLIA, TURKEY

SÖNMEZ, Gamze

Niğde University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hatim ELHATİP

June 2004, 72 pages

The purpose of this study is to investigate the water quality, assessment, as well as the degrees and the resources of the pollution in İncesu-Dokuzpinar springs of Kayseri city with according to the standard. For this purpose, specimens have been taken in three different seasons, which are November-2002, April-2003 and August-2003. These specimens have been analyzed to investigate the water quality and degrees of pollution.

Dokuzpinar cold spring water are used as drinking water by local people. The sources of the pollution of the water resources in the Dokuzpinar spring water can be grouped such as: agriculture, stock-breeding, sewage discharges of houses. The results based on the water analyses show that agriculture and stock-breeding are the main source of the pollution.

The based on the laboratory and site analyses, the Dokuzpinar spring waters are classified as the first quality in the October and some limitations are exceed in the April and August with according to the Water Pollution Control Regulation.

For rehabilitation of the water quality and usage as drinking water in the future, it may be adviced that springs and its vicinity be protected and local people be educated how to use these springs.

Key Words: Dokuzpinar Spring Water Resources, Water quality, Pollution, Kayseri.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım sırasındaki destek ve değerli katkılarından dolayı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hatim Elhatip'e teşekkürlerimi sunarım.Çalışma alanının seçimindeki yardımları ve aynı bölgedeki projelerinden yararlandığım Sayın Doç .Dr. Mustafa Afşin'e teşekkür ederim.

Laboratuvarı çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Hakan Çelebi ve Melayib Bilgin'e ve Aksaray Belediyesi 1. Kılıçaslan İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvarı görevlilerine de teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana göstermiş olduğu anlayış, destek ve arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı eşim Yrd. Doç. Dr. Mustafa Sönmez'e teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iii
SUMMARY .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	x
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xi
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
1.1 Çalışma Alanının Tanımı .....	2
1.2 Çalışmanın Amacı .....	2
1.3 Çalışma Alanının Coğrafyası .....	3
1.4 Çalışma Alanının İklim ve Bitki Örtüsü .....	3
1.5 Çalışma Alanının Nüfusu .....	3
1.6 Çalışma Alanının Ekonomisi .....	3
1.7 Önceki Çalışmalar .....	4
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT .....	5
2.1 Su Örnekleme Noktalarına İlişkin Özellikler .....	5
2.2 Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları .....	6
BÖLÜM 3 KAYSERİ-İNCESU-DOKUZPINAR KAYNAKLARININ SU KALİTESİ VE KİRLİLİK PARAMETRELERİ .....	8
3.1 Fiziksel Özellikler .....	9
3.1.1 Sıcaklık .....	9
3.1.2 Renk .....	9
3.1.3 Bulanıklık-görünüş .....	10
3.1.4 Koku-tad .....	11
3.1.5 Elektriksel iletkenlik .....	11
3.1.6 Çözünmüş oksijen .....	11
3.1.7 Toplam çözünmüş katı madde .....	12

3.2 Kimyasal Özellikler .....	12
3.2.1 pH.....	13
3.2.2 Sertlik .....	13
3.2.3 Tuzluluk .....	14
3.2.4 Organik madde.....	15
3.2.5 Alkalinite .....	15
3.3 Yeraltı Suyunda Bulunan İyonlar .....	15
3.3.1 Kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ) .....	16
3.3.2 Magnezyum ( $Mg^{+2}$ ).....	16
3.3.3 Klorür ( $Cl^{-}$ ) .....	17
3.3.4 Bikarbonat ( $HCO_3^{-}$ ) .....	17
3.4 İz Elementler.....	17
3.4.1 Demir ve mangan .....	18
3.4.2 Bakır .....	19
3.4.3 Nikel .....	19
3.5 Nutrient Bileşikleri .....	19
3.5.1 Azot bileşikleri.....	19
3.5.2 Fosfor bileşikleri .....	20
3.6 İzotopik Değerlendirme.....	20
3.6.1 Dokuzpınar kaynaklarının izotopik değerlendirmesi .....	22
3.7 Yeraltı Suyunun Kirlenmesinin Nedenleri.....	23
3.7.1 Dokuzpınar kaynakları için kirlenme kaynakları .....	24
3.8 Yeraltı Suları İçin Kullanılan Ölçütler Ve Sınıflandırma .....	27
3.8.1 Yeraltı suları için kullanılan ölçütler .....	27
3.8.2 Yeraltı sularının sınıflandırılması .....	30
3.9 Yeraltı Suları İle İlgili Kirletme Yasakları Ve Düzenlemeler .....	31
<b>BÖLÜM 4 BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>35</b>
4.1 Fiziksel Kalite Parametreleri .....	36
4.2 Kimyasal Kalite Parametreleri .....	37
4.2.1 Nutrient bileşiklerinin değişimi .....	37
4.2.2 Ağır metal içeriğinin değişimi.....	41

4.3 L-5 Kuyusu ve Dokuzpınar Kaynaklarının Karşılaştırılması .....	42
<b>BÖLÜM 5 DOKUZPINAR KAYNAKLARININ SU KALİTESİ .....</b>	<b>48</b>
5.1 Dokuzpınar Kaynaklarının Su Kalitesi Değerlendirmesi .....	48
5.1.1 2002-Kasım ayı su kalite değerlendirme .....	48
5.1.2 2003-Nisan ayı su kalite değerlendirme .....	49
5.1.3 2003-Ağustos ayı su kalite değerlendirme .....	50
5.2 TS-266'ya Göre İçmesuyu Kalitesi .....	50
5.2.1 2002-Kasım ayı içmesuyu kalitesi .....	50
5.2.2 2003-Nisan ayı içmesuyu kalitesi .....	51
5.2.3 2003-Ağustos ayı içmesuyu kalitesi .....	53
<b>BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>55</b>
6.1 Sonuçlar .....	55
6.2 Öneriler .....	56
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>58</b>



## ÇİZELGELER

Çizelge 3.1 Değişik kullanma maksatları için önemli parametreler .....	8
Çizelge 3.2 İncesu-Dokuzpınar kaynaklarının analiz sonuçları .....	10
Çizelge 3.3 Suların özgül elektriksel iletkenliklerine (EC) göre sınıflandırılması .....	11
Çizelge 3.4 Toplam çözünmüş katı madde derişimleri açısından suların sınıflandırılması .....	12
Çizelge 3.5 Suların sertlik açısından sınıflandırılması .....	14
Çizelge 3.6 Acısu Ovasındaki CO <sub>2</sub> üretim tesisinin atıksu analiz sonuçları.....	25
Çizelge 3.7 İçme suyu standartları.....	29
Çizelge 3.8 Hayvan sulama sularındaki toplam çözünmüş madde miktarı.....	29
Çizelge 3.9 Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri.....	30
Çizelge 3.10 Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	32
Çizelge 4.1 L-1, L-5 ve Dokuzpınar kaynaklarının analiz sonuçları.....	35
Çizelge 5.1 2002-Kasım ayı analiz sonuçları ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması.....	48
Çizelge 5.2 2003-Nisan ayı analiz sonuçları ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması.....	49
Çizelge 5.3 2004-Ağustos ayı analiz sonuçları ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması.....	50
Çizelge 5.4 2002-Kasım ayı analiz sonuçları ile TS 266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması.....	51
Çizelge 5.5 2003-Nisan ayı analiz sonuçları ile TS 266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması.....	52
Çizelge 5.6 2003-Ağustos ayı analiz sonuçları ile TS 266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması.....	53

Çizelge 5.7 Analiz sonuçlarının ortalaması ile TS 266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması.....	54
---	----



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dokuzpınar kaynaklarının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 3.1 $CO_2$ 'in ve sertliğe neden olan bileşiklerin kaynağı.....	14
Şekil 3.2 İnceleme alanındaki kaynakların $\delta^2H$ ve $\delta^{18}O$ ilişkileri.....	22
Şekil 3.3 İnceleme alanındaki kaynakların $\delta^3H$ ve $\delta^{18}O$ ilişkileri.....	23
Şekil 3.4 Aşırı çekim nedeniyle yeraltı suyunun kirlenmesi.....	25
Şekil 4.1 Fiziksel parametrelerin mevsimlere göre değişimi.....	36
Şekil 4.2 Azot bileşikleri, çözülmüş oksijen ve sıcaklık parametrelerinin mevsimlere göre değişimi.....	38
Şekil 4.3 Nutrient içeriklerinin mevsimlere göre değişimi.....	39
Şekil 4.4 Fosfat bileşiklerinin mevsimlere göre değişimi.....	40
Şekil 4.5 Tüm parametrelerin mevsimlere göre değişimi.....	41
Şekil 4.6 Ağır metal içeriğinin mevsimlere göre değişimi.....	42
Şekil 4.7 Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu için fiziksel parametrelerin karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.8 Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu için nutrient madde içeriklerin karşılaştırılması.....	44
Şekil 4.9 Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu için ağır metal içeriklerinin karşılaştırılması.....	46
Şekil 4.10 L-1, L-5 ve Dokuzpınar kaynaklarının kıyaslanması.....	47

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

- Foto 4.1 Dokuzpınar kaynakları için genel kirlilik durumu ..... 26
- Foto 4.2 Acısu Ovasındaki CO<sub>2</sub> üretim alanında yer alan kanallardaki çökeltiler ..... 26



## SİMGE VE KISALTMALAR

T.Ç.K.M: Toplam Çözünmüş Katı Madde

EC: Elektriksel İletkenlik

WHO: Dünya Sağlık Örgütü

DPS: Dokuzpınar Soğuk Su Kaynakları

Ç.O.: Çözünmüş Oksijen



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Canlılar yaşayabilmeleri için gerekli olan suyu, yeryüzünden (akarsu, göl, deniz vb.) veya kayaçların boşluk ya da çatlaklarında toplanan sulardan sağlar. İnsanlar yer üstü sularını çeşitli şekillerde biriktirirler ve insan topluluklarına iletirler. Fakat her yerde akarsu ya da göl bulunmamakta, dolayısıyla yeraltı sularından yararlanma yoluna gidilmektedir. Bu nedenle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yeraltı sularının aranıp bulunması çok eski yıllardan beri insanları ilgilendirmektedir (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Yeraltı suları, yağmurların topraktan sızması, atmosferdeki su buharının yoğunlaşması ve juvenil suyun devreye girmesinden oluşur. Toprak filtre görevi üstlendiğinden suyun askıdaki organik maddelerini ve mikroplarını tuttuğu gibi, toprağın derinliklerinde bulunan bakterilerin faaliyeti sonucu suyun çözelti halinde bulunan bir kısım organik ve inorganik maddelerini de tutar (Mutluay ve diğ., 1996). Suyun yeraltına doğru süzülen kısmı, süzülme işlemi sırasında ortamın pH, sıcaklık, basınç, temas yüzeyi ve süresi, yükseltgenme potansiyeli gibi özelliklerine bağlı olarak geçtiği kayaların minerallerini çözerek mineral tuzlarınca zenginleşir. Genellikle bu maddeler suyun içilebilirlik özelliğini bozmayacak oranlarda çözünürler. Hatta bu maddelerin içme suyunda belli bir miktara kadar bulunmaları suyun içilebilirlik özelliğine katkıda bulunmaktadır.

Bir yeraltı suyunun bileşimi üzerine etki eden faktörler ise; temas ettiği kütlenin bileşimi, bileşimdeki asitler, temas süresi, sıcaklık ve serbest CO<sub>2</sub> miktarıdır. Tüm bu etkileşimler sonucu yeraltı sularında çözülmüş halde bulunabilecek başlıca maddeler Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn ve karbonat, bikarbonat, sülfat ve klorür bileşikleri ile süspansiyon halde Si, Fe ve Al oksit ve hidroksitleridir (Mutluay ve diğ., 1996). Yeraltı sularının miktarı ise aşağıdaki şartlara bağlıdır:

- Yağış miktarı



Yörenin genel durumu göz önüne alınarak, varolan veya gelecekte varolabilecek kirlenmeler değerlendirilmiş, aynı zamanda çalışma kapsamında suyun hangi amaçlarla kullanılabilceği de araştırılmıştır.

### **1.3 Çalışma Alanının Coğrafyası**

İncesu ilçesinin yüzölçümü 872 km<sup>2</sup>'dir. İlçeden geçen İncesu deresi Aksu bağlarından doğmaktadır. İlçe Erciyes Dağının kısmen güney ve güneybatı eteklerinde kurulmuştur. İlçenin batısında yer alan Tekke Dağı 1800 m yüksekliktedir. Çevresi dağlarla çevrili, denizden ve deniz etkilerinden uzaktır.

### **1.4 Çalışma Alanının İklim ve Bitki Örtüsü**

İlçede yarı kurak karasal iklim hakimdir. İlçe kış aylarında soğuk ve kar yağışlıdır. En soğuk aylar Ocak ve Şubat ayları olup, ortalama sıcaklık -2<sup>0</sup>C'dir. Yaz mevsimi kısa sürelidir, ancak sıcaktır. Yaz aylarında ortalama sıcaklık 22<sup>0</sup>C'dir. Yağış miktarı yılda ortalama 300-400 mm'dir. İlçenin güneydoğusu yani Erciyes dağı ile güneybatısındaki Tekke dağı eteklerinde az miktarda ormanlık alanlar mevcuttur. İlçede mera vasıflı 49620 hektar arazi mevcuttur.

### **1.5 Çalışma Alanının Nüfusu**

2000 Genel Nüfus Sayımı sonucuna göre İncesu ilçesinin toplam nüfusu 22616'dır. İlçe nüfusunun 8511'i şehirde, 14205'i köylerde yaşamaktadır. İlçenin 13 köyünden biri olan Dokuzpınar köyünün nüfusu ise 147 kişidir. İncesu ilçesinin kentsel nüfus artış hızı Kayseri il merkezinden düşüktür.

### **1.6 Çalışma Alanının Ekonomisi**

İncesu bir tarım ilçesidir. Ekilebilen arazi verimsiz olduğundan, tarımla uğraşan kesim ancak kendini geçindirebilecek kadar gelir elde etmektedir. Buna rağmen nüfusun %75'i tarımla uğraşmaktadır. Ticarî amaçlı olarak üzüm, buğday, arpa, çavdar, pancar, ayçiçeği ve çeşitli sebzeler üretilmektedir. Hayvancılığın da önemi büyük olup, sadece hane halkının ihtiyacını karşılamak için değil ticarî amaçla da yapılmaktadır. İlçede sanayi ise gelişme sürecindedir. Çinkur, Taksan, Karsu, Alfapen, Erciyes gaz ve Aygaz dolum



tesisleri gibi kuruluşlar bulunmaktadır.

### 1.7 Önceki Çalışmalar

Dokuzpınar kaynaklarının su kalitesinin belirlenmesi amacıyla daha önce yapılan çalışmalar vardır. Bunlardan; (Afşin ve diğ., 2002) tarafından yapılan Kayseri-İncesu-Himmetdede ve Dolayındaki Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal ve İzotopik Açısından İncelenmesi başlığı altında TÜBİTAK tarafından desteklenen projede Dokuzpınar kaynakları hakkında da ayrıntılı inceleme yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında İncesu-Dokuzpınar kaynaklarının jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal, izotopik ve kalitenin belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalara göre; kaynaklar bölgedeki yerleşim alanının içme suyu ihtiyacını karşılamak için uygundur. Kaynakların sıcaklığı, elektriksel iletkenliği, toplam çözünmüş madde miktarı ve ağır metal içeriği bölgedeki diğer kaynaklara göre düşük, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, B ve SiO<sub>2</sub> içerikleri ise diğer su kaynaklara göre yüksektir. Bu durum evsel atıklarla birlikte bölgede yer alan tarım ve hayvancılık faaliyetlerine bağlanmıştır. Genellikle bölgedeki tarımda üretimi arttırmak amacıyla kimyasal ve doğal gübreler, tarımsal mücadele amacıyla kullanılan kimyasal ilaçlar, yağmur suları ile birlikte yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca çalışmada Dokuzpınar soğuk su kaynaklarının yüksek kotlardaki yağışlardan beslendiği tespit edilmiştir.

İncesu- Dokuzpınar kaynakları ile ilgili olarak yapılan bir diğer çalışma ise, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Daire Başkanlığı tarafından yapılan Kayseri-Karasaz Ovası Kaynakları Karst Hidrojeolojisi Etüt raporudur (DSİ, 2002). Bu çalışma kapsamında araştırılan kaynaklar arasında Dokuzpınar soğuk su kaynaklarından da söz edilmektedir. Bu araştırmaya göre de; farklı noktalardan kaynak çıkışları mevcuttur ve yaklaşık 500m mansapta birleşmekte, ancak birleşme noktasından sonra kesit oluşturmadığı için ölçümü yapılamamaktadır. Bu nedenle Dokuzpınar civarındaki boşalım miktarı kesin olarak bilinmemektedir (DSİ, 2002).

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE METOT

#### 2.1 Su Örnekleme Noktalarına İlişkin Özellikler

Dokuzpınar Kayseri ili-İncesu ilçesine bağlı bir köydür. Burada açığa çıkan Dokuzpınar soğuk su kaynakları ortalama 12<sup>0</sup>C sıcaklığında, çözünmüş iyon içeriği düşük, meteorik kökenli, yüksek kotlardan beslenmekte olan sığ dolaşimli soğuk su kaynaklarıdır. Bu nedenle kayaçlarla temas süresi kısa ve bunun sonucunda çözünmüş iyon derişimi düşük bir kaynaktır (Afşin ve diğ., 2002).

İncesu-Dokuzpınar soğuk su kaynağı Sultansazlığı Çek-Ayır havzası içinde yer alan Erciyes kompozit volkanının kuzeybatı kenarında çok sayıda noktada açığa çıkmaktadır. Kaynağın kökeni Erciyes Dağı volkanitlerine ait bazaltlardan oluşan serbest akiferdir. Kırık ve çatlaklı yapıya sahip bazaltlar geçirimsizlik özelliğine sahiptirler. Özellikle dil şeklindeki yapıları sonucu düşey yönde geçirimsizliği artırmaktadır. Bu kayaçların altındaki yapı geçirimsiz olduğundan bazaltlara düşen yağış sularının depolanmasına neden olmuştur (Afşin ve diğ., 2002).

Bölgedeki yöre halkı yoğun olarak tarım ve hayvancılık yapılmaktadır. Ayrıca kaynağa yakın noktalarda büyük sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Bu faaliyetlerin kaynaklar üzerinde olumsuz etkileri olduğu düşünülmektedir.

Dokuzpınar kaynağının suları İncesu belediyesi tarafından daha önceden içme suyu olarak kullanılmasına rağmen şu anda kullanılmamaktadır. Bunun sebebi belediye tarafından debinin düşüklüğü ve maliyetin fazla olması şeklinde açıklanmaktadır. İncesu belediyesinin şu anda kullanmakta olduğu içme suyu belediyece açtırılan L-5 kuyusundan sağlanmaktadır.

## 2.2 Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Kayseri ili, İncesu ilçesi, Dokuzpınar kaynaklarının mevcut durumunu tespit etmek, eğer varsa kirlilik boyutlarını ve bu kirliliğin kaynaklarını belirlemek amacıyla söz konusu çalışma alanında farklı mevsimsel dönemleri yansıtacak analizler yapılmıştır. Çalışma alanı ve çevresindeki diğer kaynaklar Şekil 1.1’de görülmektedir. Bu amaç doğrultusunda 2002-Kasım, 2003-Nisan ve 2003-Ağustos aylarında numuneler alınmıştır. Numuneler yapılacak fiziksel ve kimyasal analizler için yeterli miktarı sağlayacak şekilde 2’şer set halinde temin edilmiştir. Numune kapları herhangi bir karışımın söz konusu olmaması için birkaç kez çalkalanmıştır ve laboratuvar koşullarında yapılması gerekli analizler için en kısa zamanda laboratuvara ulaştırılmıştır. Bu işlemler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nde (1988) belirtilen hususlar dikkate alınarak yapılmıştır.

Alınan numuneler üzerinde 28 tane parametrenin analizi yapılmıştır. Bu analizlerden bir kısmı arazide, bir kısmı ise laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Kirlilik ve kalitenin belirlenmesi amacıyla değerlendirilen parametrelerden; sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH, tuzluluk ve toplam çözünmüş madde tayinleri WTW LF 330 marka Conductivity Meter (SCT) kullanılarak, çözünmüş oksijen YSI 55 marka oksijen metre kullanılarak arazide ölçülmüştür.

Farklı dönemlerde olmak üzere üç kez alınan numunelerin NO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>-N, Mn, Fe ve Cu parametreleri ise Merck marka hazır kitler kullanılarak, ölçüm aralığı 190-1100nm arasında olan, quartz kaplı optiklere sahip AQUAMATE Spectro UV-VIS RS marka dijital spektrofotometre ile Niğde Üniversitesi Aksaray Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

Görünüş, renk, bulanıklık, sertlik, toplam alkalinite, organik madde (KMnO<sub>4</sub>), kalsiyum, magnezyum, klorür ve bikarbonat analizleri ise Aksaray Belediyesi 1. Kılıçaslan İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisleri laboratuvarında ölçülmüştür.

Yapılan kimyasal ve fiziksel analizler sonucu elde edilen bulgular, farklı kullanım amaçlarına göre çizelgeler ve grafikler halinde değerlendirilmiştir. Burada ülkemizde yürürlükte olan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve TS-266 içme suyu standartları esas alınmıştır. Ayrıca WHO’ nün (1993) bu konuda yayınlamış olduğu değerler

de dikkate alınmıştır. Söz konusu standartlar yardımıyla Dokuzpınar yeraltı suyu kaynaklarının içme ve kullanıma (hayvancılık, sulama) ne derece uygun olduğu, uygun değilse nedenleri ve bu nedenlerin kaynakları tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen kalite sınıflandırmalarına göre Dokuzpınar kaynaklarının hangi sınıf kaliteli su olduğu da araştırılmıştır.

Ayrıca Kayseri ili- İncesu ilçesinin şu anda kullanmakta olduğu içme suyunun temin edildiği L-5 kuyusundan, 2003- Nisan ayında alınan numune içinde Dokuzpınar kaynakları için yapılan analizler tekrarlanmıştır. Bu analizler yapılırken aynı ekipman ve koşullar sağlanmıştır. Buradan hareketle her iki kaynak arasındaki mevcut farklılıklar değerlendirilmiştir.

Bunun dışında 2003-Ağustos döneminde Acısu Ovasındaki bir özel kuruluşun atık sularının karıştığı ortamdan alınan numune için analizler tekrarlanmış, Dokuzpınar kaynakları ile bağlantısı olup olmadığı değerlendirilmiştir.

## BÖLÜM 3

### KAYSERİ-İNCESU-DOKUZPINAR KAYNAKLARININ SU KALİTESİ VE KİRLİLİK PARAMETRELERİ

Bir su kaynağının kalitesi belirlenirken fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok parametrenin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu parametreler fiziksel çevre ve sosyo-ekonomik faaliyetlerden de etkilenebilmektedir. Söz konusu parametrelerin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli unsur suyun hangi maksatla kullanılacağıdır. Çünkü her kullanım için önemli olan parametre değişebilmektedir. Bununla birlikte hemen hemen her çalışmada ölçülmesi gereken ve temel bilgileri veren ana parametreler vardır. Bunlar; çözülmüş oksijen, pH, sıcaklık ve iletkenliktir. Diğer tüm parametreler kullanım amacına göre önem kazanmaktadır. Bu konuda hangi parametrenin hangi amaç için önemli olduğu Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Değişik kullanma maksatları için önemli parametreler (Karpuzcu, 1994)

No	Parametreler	Kullanım Şekli
1.	Sıcaklık	Sudaki hayat, sanayide kull., özümleme kapasitesi, turistik maksatlar
2.	Bulanıklık	İçme suyu, sanayide kullanma, dinlenme
3.	pH	Sanayide kullanma, sudaki hayat, dinlenme
4.	Çözülmüş Oksijen	Sudaki hayat, estetik görünüm, sanayide kullanma, özümleme kapasitesi
5.	BOİ	Gıda ve konserve sanayide, dinlenme, özümleme kapasitesi
6.	Askı Katı Madde	Estetik, fotosentez, rezervuar kapasitesinde azalma, hidroelektrik
7.	T. Ç. K.M.	Sulama, su temini, sanayide kullanma
8.	Koliform	Su temini, sulama, temas halindeki su sporları, gıda ve konserve sanayii
9.	Besi maddeleri	Ötrofikasyon, estetik bozulma, su hayatına ikinci kademede tesirler
10.	Organik maddeler	Su temini, sanayide kullanma, sudaki hayat
11.	Ağır metaller	Su temini, sudaki hayat, halk sağlığı
12.	Radyoaktif maddeler	Su temini, halk sağlığı
13.	Yağlar	Sanayide kullanma, estetik, su canlıları
14.	Fe ve Mn	Su temini, sanayide kullanma
15.	Cl ve SO <sub>4</sub>	Su temini, sanayide kullanma
16.	Sertlik	Su temini, sanayide kullanma, sudaki hayat
17.	Fenoller	Su temini, su organizmaları
18.	Renk	Estetik, su temini, dinlenme, sanayide kullanma

### **3.1 Fiziksel Özellikler**

#### **3.1.1 Sıcaklık**

Sıcaklık, yüzey ve yeraltı sularının yer değiştirmesinde, nerelerden beslendiğinin belirlenmesinde ve kullanılmasında etki yapan önemli faktörlerden biridir. Eğer ortamda basınç söz konusuysa ve bu basınç değişirse (yeraltında olduğu gibi), suyun yer değiştirmesi karmaşık bir hal alabilir (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Sıcaklık, su ortamındaki süreçlerde belirleyicidir. Organizmaların tüm faaliyetleri ve su özelliklerine karşı davranışları sıcaklığa bağlı olarak değişir. Su ortamındaki reaksiyonların hızları, enzimlerle ilgili faaliyetler, moleküllerin hareketleri sıcaklığın birer fonksiyonu olarak meydana gelirler (Karpuzcu, 1994).

Yeraltı sularında sıcaklık değerlerinin değişmesi, söz konusu kaynağın yüzeysel sularla bağlantısının olduğunu gösterir. Ayrıca zeminde yeterince süzülmenin meydana gelmeden su alma noktasına ulaştığına işaret eder. Yeraltı suları yüzey sularına göre daha kararlı sıcaklığa sahiptir. İçme sularında sıcaklığının 5-15<sup>0</sup>C, şehir sularında 7-10<sup>0</sup>C arasında olması istenir (Muslu, 1998).

Çalışma alanında Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında yapılan analizler sonucu sıcaklığın 11.5- 12.8<sup>0</sup>C arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 3.2). Bu değişimler numunelerin alındığı mevsimsel dönemlerle orantılıdır. Bu değerler doğrultusunda Dokuzpınar kaynak sularının içme ve kullanmaya elverişli olduğu tespit edilmiştir.

#### **3.1.2 Renk**

Temiz sular renksiz olmalıdır. Su içerisindeki inorganik maddeler ve organik maddelerin ayrışması renk oluşumuna neden olabilir. İçme ve kullanma sularında renk istenen bir özellik değildir. Endüstriyel artıklardan oluşan renkler ise istenmedikleri gibi zararlı etkilerde yapabilir (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Dokuzpınar kaynağından alınan su numuneleri için yapılan analizler sonucu, suyun renksiz olduğu görülmüştür (Çizelge 3.2).

### 3.1.3 Bulanıklık-görünüş

Sularda bulanıklığı meydana getiren başlıca unsurlar; kil, silt, çok ufak parçalar halindeki organik maddeler, planktonlar ve diğer mikroskobik organizmalardır.

İyi bir içme suyu berrak olmalıdır. Bulanık sular dış etkenlerden dolayı kirlenmiş olabilir. Bu durum özellikle yağışlardan ve feyezanlardan sonra meydana geliyorsa sağlık bakımından sakıncalı olabilir (Muslu, 1998).

Dokuzpınar kaynak sularında yapılan analizler sonucunda, 2003-Nisan dönemi için 0.37 NTU, 2003-Ağustos dönemi için ise 0.18 NTU değerinde bulanıklık tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Her iki bulanıklık değeride içme suyu amaçlı kullanım için sınır değerleri aşmamaktadır.

Çizelge 3.2 İncesu-Dokuzpınar kaynaklarının analiz sonuçları

Parametre	Birim	Kasım-2002	Nisan-2003	Ağustos-2003	Ort.
Sıcaklık	<sup>0</sup> C	11.5	12.2	12.8	12.16
Renk	-	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Bulanıklık	NTU	-	0.37	0.18	0.28
T.Ç.K.M.	mg/l	68	73	52	64.33
pH	-	6.5	6.85	6.75	6.7
Top. sertlik	Fr.S	-	4	4	4
Geçici sertlik	Fr.S	-	7	7	7
Kalıcı sertlik	Fr.S	-	Yok	Yok	Yok
Tuzluluk	mg/l	-	-	-	-
EC	$\mu$ S/cm	166	178	152	165.3
Ç.O.	mg/l	10.63	6.2	8.46	8.43
Organik mad.	mg/l (KMnO <sub>4</sub> )	-	0.4	0.4	0.4
Alkalinite	mg/l CaCO <sub>3</sub>	-	70	60	65
Kalsiyum	mg/l	-	8	6	7
Magnezyum	mg/l	-	6	6	6
Klorür	mg/l	-	32	30	31
Bikarbonat	mg/l	-	85	73	79
Demir	mg/l	0.0139	0.016	0.0016	0.009
Mangan	mg/l	0.0388	0.0034	0.0479	0.03
Bakır	mg/l	0.0182	0.02	0.0081	0.0154
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0.637	1.0192	0.7212	0.7925
NO <sub>3</sub>	mg/l	2.8210	4.5136	3.1942	3.5096
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.0012	0.022	0.0057	0.0096
NO <sub>2</sub>	mg/l	0.0041	0.0073	0.0186	0.01
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	0.1552	0.3413	2.4322	0.9762
NH <sub>4</sub>	mg/l	0.2	1.541	3.1242	1.6217
PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0.4803	0.0887	0.2778	0.282
PO <sub>4</sub>	mg/l	1.4761	0.2728	0.8539	0.8676

### 3.1.4 Koku-tad

Su içerisinde erimiş organik maddeler ve organizmalar suda tad ve koku meydana getirebilir. Ekşi veya tad hissi uyandıran tuzlu ve acı sular içme suyu olarak kullanıma elverişli değildir. İçme suları için tatsız ve kokusuz olan sular tercih edilir. Su içerisindeki yüksek konsantrasyonlardaki CO<sub>2</sub> suya hoş bir tad verebilir. Ayrıca suda bulunan NaCl ve MgCl<sub>2</sub> gibi tuzlar yine suda hissedilir tadlar oluşturabilirler. Bu nedenle klorür iyonu konsantrasyonu 250 mg/l'den az olmalıdır. Sularda sertlik oluşumuna neden olan maddeler de suyun tadının bozulmasına sebep olabilir (Muslu, 1998).

### 3.1.5 Elektriksel iletkenlik

Bütün sular elektriği iletirler. İyon konsantrasyonu ile iletkenlik paralel olarak artar. Elektriksel iletkenlik, içme ve kullanma sularının sınıflandırılmasında önemli bir parametre olarak kullanılır. Suların elektriksel iletkenliklerine göre sınıflandırılması Çizelge 3.3'teki gibidir (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Çizelge 3.3 Suların özgül elektriksel iletkenliklerine(EC) göre sınıflandırılması (Erguvanlı ve diğ., 1984)

EC (25 <sup>0</sup> C'de $\mu$ S/cm)	Sınıf
250'den az	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
3000'den fazla	Kullanılamaz

Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında alınan numunelerin analizleri sonucu EC 150-178  $\mu$ S/cm değerleri arasında değişmiştir (Çizelge 3.2). TS 266'ya göre sınır değerler 400-2000  $\mu$ S/cm'dir. Bu doğrultuda elde ettiğimiz sonuçlar sınır değerlerini aşmamaktadır.

### 3.1.6 Çözünmüş oksijen

Su içerisinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu çözünmüş oksijen (Ç.O.) olarak tanımlanır ve mg/l olarak ifade edilir. Yeraltı sularında en fazla çözünebilir gazlar oksijen ve karbondioksittir. Oksijenin kaynağı hava ve suda yaşayan bitkilerdir. Diğer gazlarda olduğu gibi, oksijenin suda çözünürlüğü basınçla doğru, sıcaklıkla ters



orantılıdır. İçme ve kullanma suları için çözülmüş oksijenin bir zararı yoktur (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Çalışma alanında belli dönemlerde yapılan analizler sonucunda elde edilen çözülmüş oksijen değerleri 8.43 mg/l'dir (Çizelge 3.2).

### 3.1.7 Toplam çözülmüş katı madde

Suda çözülmüş halde bulunan maddeler, katı maddeler olarak isimlendirilir. İçme suyu veya endüstriyel amaçla kullanılacak sularda yüksek oranda katı madde istenmez. Yeraltı suları genellikle katı madde bakımından yüzey sularına göre daha az katı madde içerirler. Bunu sebebi ise su yeraltına geçerken zeminde doğal bir filtrasyona uğrar (Samsunlu, 1999).

Toplam çözülmüş katı madde suların fiziksel durumlarının da bir ölçüsüdür. İçme suyunda 500-600 mg/l kadar toplam kalıntıya müsaade edilebilir. Bu kalıntının bir kısmı organik, bir kısmı ise inorganiktir (Muslu, 1998). Dokuzpınar kaynaklarında Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam çözülmüş madde miktarı 52-73 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 3.2).

Toplam çözülmüş madde içeriği açısından suları sınıflandırmak gerekirse Çizelge 3.4'deki gibi bir sınıflandırma yapılabilir.

Çizelge 3.4 Toplam çözülmüş katı madde derişimleri açısından suların sınıflandırılması (Uslu ve diğ., 1987)

Suyun cinsi	Toplam çöz. katı madde (g/m <sup>3</sup> )
Tatlı sular	0.-1000
Acı sular	1000-10000
Tuzlu sular	10000-100000
Deniz suyu	1000000'den fazla

## 3.2 Kimyasal Özellikler

Yeraltı suları zeminde ilerlerken değişik bileşimli kayaçlarla temas eder. Bu kayaçların eriyebilme özelliklerine göre az ya da çok miktarda erimiş madde yeraltı sularına karışır. Erimiş maddelerin miktarı, yeraltı suyunun kayaçlarla temas süresine, suyun hızına,

kayacın cinsine, sıcaklığa ve ortamın basıncına göre değişir. Ayrıca atmosferden aşağı inerken içerisine erimiş haldeki kimyasal maddeleri alan yağmur suları da yeraltına süzülmeleri sırasında bunların bir kısmını beraberinde yeraltı sularına taşırlar. Böylelikle yeraltı suları bünyelerinde çeşitli kaynaklardan gelen birçok kimyasal madde içerirler (Karpuzcu, 1994).

### 3.2.1 pH

Bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren parametre pH'dır. Bu parametre çözeltide bulunan  $H^+$  iyonu konsantrasyonuna ve bu iyonun aktivitesine işaret etmektedir (Samsunlu, 1999).

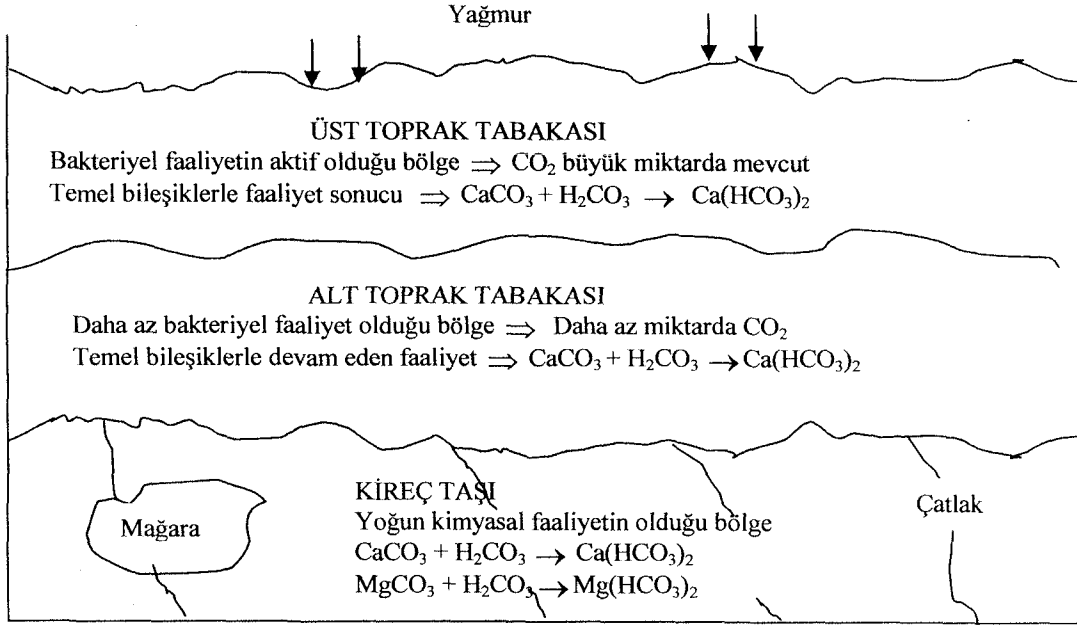
Yeraltı sularının pH değeri 3,5-10 arasında değişir. Bataklık zeminlerde pH düşük (3,5-6) ve kireçtaşı tabakası arasından geçen sularda pH yüksek (7,5-10) tir (Muslu, 1998).

Dokuzpınar kaynağında yapılan analizler sonucunda elde edilen pH değerleri 6.5-6.85 arasındadır (Çizelge 3.2). Aynı sınır değerler sulama suları içinde geçerlidir. Buna göre Dokuzpınar kaynağı için elde edilen pH değerleri bu sınırlar içerisinde dir.

### 3.2.2 Sertlik

Sulardaki sertlik büyük ölçüde su ile kaya oluşumlarının teması sonucu meydana gelir. Toprağa düşen yağmur suyu, doğal sularda bulunan çok büyük madde miktarlarının tümünü çözüp taşımaya yeterli değildir. Çünkü, pH'sı 7 civarında olan damıtık haldeki yağmur suları, toprağa indiğinde sertlik için gerekli miktarda iyonu çözemez. Bu iyonların suya geçmesi için gerekli şartları topraktaki bakterilerin oluşturduğu  $CO_2$  gazının suda çözünmesi sağlar. Böylece artan asidite kalsiyum bileşiklerinin suda çözünmesini sağlar. Suda çözülmüş (+2) değerlikli  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$  sertliğe neden olan iyonlardır. Şekil 3.1'de toprakta  $CO_2$  ve sertliğe neden olan bileşiklerin kaynağı şematik olarak gösterilmiştir (Samsunlu, 1999). Dokuzpınar kaynağı sularının Nisan ve Ağustos aylarında toplam sertliğinin 4 Fr.S, geçici sertliğin ise 7 Fr.S değerlerinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.2).

Sularda sertlik geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere ikiye ayrılır. Geçici sertliğe karbonat sertliği, kalıcı sertliğe de karbonat olmayan sertlik denir.



Şekil 3.1  $\text{CO}_2$ 'in ve sertliğe neden olan bileşiklerin kaynağı (Samsunlu, 1999)

Sert sular içme ve kullanma maksatları için elverişli değildir. Özellikle endüstride sorun yaratırlar. Suların sertliklerine göre sınıflandırılması Çizelge 3.5'deki gibidir. Burada sertlik için kullanılan  $\text{edg/m}^3$ , sertlik oluşturan unsurların bir metreküp sudaki eşdeğer gram miktarıdır.  $^{\circ}\text{D}$  birimi Alman sertlik derecesi,  $^{\circ}\text{F}$  ise Fransız sertlik derecesi anlamına gelmektedir. 1 Alman sertlik derecesi ile 1.79 Fransız sertlik derecesi eşdeğerlidir.

Çizelge 3.5 Suların sertlik açısından sınıflandırılması (Uslu ve diğ., 1987)

Sınıflandırma	Sertlik		
	$\text{edg/m}^3$	$^{\circ}\text{D}$	$^{\circ}\text{F}$
Çok yumuşak	1	3	5
Yumuşak	1-2	3-6	5-11
Az yumuşak	2-3.5	6-10	11-18
Az sert	3.5-5	10-15	18-27
Sert	5-10	15-25	27-45
Çok sert	10'dan büyük	25'den büyük	45'den büyük

### 3.2.3 Tuzluluk

Tüm anorganik tuzlar suda çözünürler. Tuzların çözünürlüğü genellikle sıcaklığa paralel

olarak artarken, basıncın etkisi yok denecek kadar azdır. Tuzların suda çözünmesinin bir sonucu olarak, yeryüzüne düşen yağışlar yüzey suları ile yeraltı sularındaki akımları sırasında zeminde bulunan çeşitli tuzları bünyelerinde taşırlar. Sularda en çok bulunan tuzlar Ca, Mg ve Na'un bikarbonat, sülfat ve klorürleridir (Uslu ve diğ., 1987). Dokuzpınar kaynakların da tuzluluk oranı 0.001'den daha düşüktür.

### **3.2.4 Organik madde**

Yeraltı sularında doğal olarak çok az miktarda organik madde bulunmaktadır. İnsan kaynaklı organik maddeler yeraltı suyu açısından büyük önem taşır. Çoğu organik maddenin sudaki çözünürlüğü düşüktür. Buna bağlı olarak söz konusu organik maddelerin yeraltı suyuna taşınımı zordur. Ancak düşük derişimler de bile toksik olabilen maddeler için çözünürlük sınırlamaları yeterli olmayıp, içme suyu standartlarında belirtilen sınır değerlerinin üzerinde derişimlerle rastlanılabılır (Uslu ve diğ., 1987).

Dokuzpınar kaynağında organik madde miktarı ( $\text{KMnO}_4$ ) 0.4 mg/l'dir (Çizelge 3.2). Bu değer içme suları için müsaade edilebilen 3.5 mg/l değerinin çok altındadır.

### **3.2.5 Alkalinite**

Bir suyun asitleri nütürleştirme özelliğine alkalinite denir. Birçok madde suyun alkalinitesine katkıda bulunmaktadır. Doğal sularda alkalitenin en önemli kısmı üç tür maddeden oluşmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz: 1-Hidroksitler, 2-Karbonatlar, 3-Bikarbonatlar

Bu parametre halk sağlığı açısından fazla önemli değildir, ancak alkalinitesi yüksek sular tatsızdır (Samsunlu, 1999).

Dokuzpınar kaynağından alınan numunelerde yapılan analizler sonucu toplam alkalinite 60-70 mg/l  $\text{CaCO}_3$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

## **3.3 Yeraltı Suyunda Bulunan İyonlar**

Yeraltı sularının kimyasal analizlerinde 50'den fazla parametre değerlendirilmektedir. Herhangi bir yeraltı suyunun içme, kullanma, endüstri ve sulamaya uygunluğunun

belirlenebilmesi için bu parametrelerin hepsinin ayrı ayrı bilinmesi gerekmez. Sertlik, pH, EC gibi özelliklerin yanısıra, sayıları 10 ya da 15'i geçmeyen anyon ve kationların miktarlarının öğrenilmesi ile suyun kimyasal kalitesi ve kullanılacağı yer hakkında bilgi sahibi olunabilir (Erguvanlı ve diğ., 1984).

### 3.3.1 Kalsiyum (Ca<sup>+2</sup>)

Kalsiyum yeraltı sularına; kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun eritilmesi ile karışabilir. Suda H<sup>+</sup> iyonunun bulunması kalsiyumun su içinde çözünmesini kolaylaştırır. Aynı zamanda atmosfer basıncının ve sıcaklığın artması da kalsiyum miktarını artırır. Yeraltı suyu orijinli içme sularında kalsiyum miktarı 10-100 mg/l arasında değişir. Bazen bu miktar 500 mg/l'ye kadar artabilir. Bu artış suyun tadını değiştirir ve sabunun köpürmesini azaltır (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Çalışma alanında kalsiyum değeri 6-8 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 3.2). Bu değer içme suları için verilen sınır değerlerin çok altındadır.

### 3.3.2 Magnezyum (Mg<sup>+2</sup>)

Sularda kalsiyumdan sonra en çok rastlanan katyon kalsiyumdan sonra magnezyumdur. Genellikle magnezyumlu kalker ve dolomit türü kayalardan kaynaklanmaktadır. Suda erimiş CO<sub>2</sub>'in varlığı ile;

$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Mg(HCO_3)_2$  denklemine göre Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>'ye dönüşür.

Magnezyum yeraltı sularında çoğunlukla 10-100 mg/l arasında bulunur. Magnezyum miktarındaki artış insan sağlığına, özellikle bağırsak rahatsızlıklarına neden olur (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Çalışma alanında magnezyum değeri 6 mg/l olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Magnezyum iyonu için de kalsiyum iyonunda olduğu gibi sorun yaratacak bir konsantrasyon söz konusu değildir.

### 3.3.3 Klorür ( $\text{Cl}^-$ )

Klorürler tüm doğal sularda çeşitli konsantrasyonlarda bulunur. Klorür içeriği, normal olarak mineral içeriğinin artması ile artar. Dağlık alanlardaki su kaynakları çok düşük klorür konsantrasyonları içermektedir. Buna karşılık nehir ve yeraltı su kaynakları belli miktarlarda klorür konsantrasyonları içerirler. Klorür doğal sulara çeşitli yollarla karışır. Suyun çözücü gücü toprağın üst tabakalarındaki ve daha altlardaki toprak oluşumlarındaki klorürleri çözer ve bünyesine alır (Samsunlu, 1999).

Sulardaki çözülmüş katı madde miktarı içerisinde  $\text{Cl}^-$  miktarı genellikle en büyük bileşeni oluşturur. Yeraltı suyundaki klorür, deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan kaynaklanır. Bunlar içerisinde en önemli kaynak deniz suyudur. Buna bağlı olarak kıyılardan iç kesimlere doğru gidildikçe klorür miktarında büyük oranda azalma gerçekleşir. Yeraltı suyundaki klorür miktarı yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde daha fazladır.

Çalışma alanında  $\text{Cl}^-$  miktarı 30 mg/l olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Bu değer içme suları için tavsiye edilen 25 mg/l ile 600 mg/l maksimum değerleri arasındadır.

### 3.3.4 Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )

Yeraltı suyundaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının kaynağı atmosferdeki ve topraktaki  $\text{CO}_2$  ile karbonatlı kayaçlardır. Buna paralel olarak  $\text{CO}_2$  ve pH su içerisindeki karbonat ve bikarbonat miktarını etkiler. Yeraltı suyunda genelde 10-800 mg/l arasında bikarbonat bulunur. İçerisinde  $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$  toplamı 500 mg/l'den fazla olan ve yalnız  $\text{CO}_3^{2-}$  miktarı 300 mg/l'ye kadar çıkan sular içilebilmektedir. Bikarbonat anyonu sulama suları için ise yararlıdır. Fazla miktarda bulunması halinde toprakta kireç birikimi olur (Erguvanlı ve diğ., 1984). Çalışma alanında bikarbonat miktarı 73-85 mg/l arasındadır (Çizelge 3.2). Bu değer yukarıda belirttiğimiz, yeraltı sularındaki bikarbonat miktarı için verilen değerler arasında yer almaktadır.

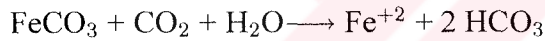
## 3.4 İz Elementler

Doğal dolanım mekanizmalarına giren ağır metaller insan eliyle veya doğal kaynaklardan çevreye bulaşır. Yeraltı sularında bulunan bu maddelerden başlıcaları şunlardır:

### 3.4.1 Demir ve mangan

Demir ve mangan yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunur. İçme suyunda demir ve mangan iyonlarının fazla oluşu insan bünyesinde zararlı etkiler yapmaz. Ancak estetik yönünden sorunlar oluşur ve bu nedenle bu sular kötü sular sınıfına girer. Suda oluşan estetik sorununun yani renk oluşumunun sebebi  $Fe^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$ 'nin;  $Fe^{+3}$  ve  $Mn^{+4}$  haline oksitlenmesi ve suda çözünmeyen renkli bileşikler oluşturmasıdır. Bu bileşiklerin oluştuğu tepkimeler çok yavaş olduğundan, meydana gelen renk ve bulanıklık uzun süre devam eder. Ayrıca demir suya farklı bir tad verir. Bu nedenlerden dolayı, içme suyunda demir 0.3 mg/l' den , mangan ise 0.05mg/l' den fazla olmamalıdır.

Demir toprakta en çok  $Fe^{+3}$  oksit ve pirit ( $FeS_2$ ) halinde bulunur. Bu bileşiklerin her ikisi de suda çözünmezler. Bazı jeolojik formasyonlar demiri, demir karbonat halinde bulundurabilirler. Demir karbonatın sudaki çözünürlüğü de normal şartlarda çok azdır. Ancak yeraltı sularının taşıdığı  $CO_2$ , demir karbonatı kolayca çözünür bikarbonatlara çevirir:



Demirin +3 değerlikli olduğu topraklarda bu reaksiyon meydana gelmez. Bu nedenle suyun  $CO_2$  miktarı çok yüksek olsa bile  $Fe^{+3}$  çözünüp suya geçmez. Ancak  $Fe^{+3}$  anaerobik şartlarda  $Fe^{+2}$  ye indirgenebilirse suda çözünebilir. Mangan ise mangandioksit olarak bulunur. Bu ise  $CO_2$ 'li suda bile çözünmeyen bir maddedir. Ancak toprakta anaerobik koşullar altında  $MnO_2$  indirgenerek +2 değerli Mn bileşiklerine dönüşürse bu takdirde  $CO_2$ 'li su,  $Mn^{+2}$ 'ye kolayca çözünebilir (Samsunlu, 1999).

Dokuzpınar kaynaklarında Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında alınan numuneler için yapılan analiz sonuçlarına göre demir ve mangan miktarları; sırayla demir için; ortalama 0.009 mg/l, mangan içinde 0.03 mg/l'dir (Çizelge 3.2). Bu değerler içme suyu standartlarındaki maksimum değerleri aşmamaktadır. Ancak mangan iyonu konsantrasyonu tavsiye edilen 0.02 mg/l değerinin üzerindedir

### 3.4.2 Bakır

Yeraltı suyunda, çok düşük derişimlerde buldukları zaman bile zehirli etkisi olan maddelerdir. Bağcılıkta, pestisit olarak ve zaman zaman alglerin yok edilmesi için bakır tuzları kullanılabilir (Samsunlu, 1999). Dokuzpınar kaynaklarında bakır iyonu konsantrasyonu 0.0081-0.02 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 3.2). Bu değerler içme suyu için verilen sınır değerlerin çok altındadır.

### 3.4.3 Nikel

Elektrolitik kaplamada kullanılır. Fazla dozlarda kansere sebep olabileceği düşünülerek ilerde içme suyu standartlarına bu metalleri de eklemek için çalışılmaktadır (Samsunlu, 1999). Dokuzpınar kaynakların da nikel iyonu analizi yapılmamıştır.

## 3.5 Nutrient Bileşikleri

### 3.5.1 Azot bileşikleri

Azot ve azotlu bileşikler, çevre mühendisliğinde kirliliğin belirlenmesi açısından önemlidir. Su kirliliği çalışmalarında ilk incelenen unsurların başında azotlu maddeler gelmektedir. Azot bakteriler tarafından tüketilerek veya kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bileşikler halinde bulunabilen bir maddedir. Yeraltı sularında en önemli kirleticilerden olan azot, çoğunlukla (NO<sub>3</sub>) şeklinde bulunur. Yeraltı suyundaki nitrat, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların toprağa ya da toprak altına verilmesi anlamına gelmektedir. Nitratın kaynağı azotça zengin toprak tabakaları olabileceği gibi, toprak yüzeyindeki gübre ya da atıklar da olabilir. Sularda 5-10 mg/l'nin üzerinde nitratın bulunması, bu suyun dışardan kirlendiği gösterir. İçme sularında nitrat 25mg/l'yi aşmamalıdır. Sulama sularında fazla bulunması zararlı değildir. Çoğu zaman toprağa ve suya gübre olarak nitrat karıştırılır.

Nitritin suda varolması ise suların dışkı ile kirlendiğini gösterir. Bu bileşiklerin kendisi sağlık bakımından zararlı olmasa bile, kirlenme indikatörü oldukları için önemlidir. Ayrıca yeraltı sularında bulunan inorganik nitrat indirgenerek nitrit ve amonyağa dönüşür. Bunun sonucunda sudaki oksijen konsantrasyonu da azalır. Böyle bir durumda suyun



nitrit ve amonyak içermesi ve oksijen azlığı bir kirlenme sebebi olamaz (Muslu, 1998).

Amonyum iyonu ise suda yaşayan organizmalar için önemli ölçüde toksik değildir. Buna karşın serbest amonyak düşük derişimlerde bile toksik etki yapar. Amonyum/amonyak değeri, pH değerine ve sıcaklığa bağlıdır (Samsunlu, 1999).

Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında alınan numuneler için yapılan analizler sonucunda; NO<sub>3</sub> miktarının 2.82-4.5 mg/l arasında değiştiği tespit edilmiştir. TS 266'ya göre NO<sub>3</sub> için sınır değerleri 25-50 mg/l'dir. Buna göre NO<sub>3</sub> miktarı sakıncalı oranda değildir. Nitrit konsantrasyonu ise çok düşük konsantrasyonlardadır. 0.01 mg/l ortalama değeri ile TS-266'daki 0.1 mg/l maksimum değerini aşmamaktadır. NH<sub>4</sub> parametresinin değerleri ise 0.2 mg/l ile 3.12 mg/l arasındadır. 3.12 mg/l değeri 0.05-0.2 mg/l sınır değerlerine göre fazladır (Çizelge 3.2).

### **3.5.2 Fosfor bileşikleri**

Sucul sistemlerde fosfor, sistemdeki mevcut çok yönlü ve karmaşık kimyasal ve biyokimyasal dengelerin en önemli unsurlarından birisidir. Suyun içerisinde bulunan fosfor miktarı, kaynağın bulunduğu yerdeki nüfusun yoğunluğuna, tarımsal gübreleme sıklığına, hayvancılığa, bitki örtüsüne, toprağın pedolojik karakterine ve çevredeki atık su toplama ve arıtma sistemlerine bağlıdır (Uslu ve diğ., 1987)

Ayrıca temizlik amaçlı kullanılan deterjanların içerdikleri fosfat dolayısıyla, sularda aşırı beslenmeye yani ötrifikasyona sebep oldukları bilinmektedir. Bu nedenle deterjanların içermiş oldukları fosfat miktarının %30'dan sıfıra doğru azaltılması amaçlanır (Muslu, 1998).

Çalışma alanında Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında yapılan analizler sonucunda elde edilen PO<sub>4</sub> ve PO<sub>4</sub>-P değerleri Kasım ayı için (1.48-0.48 mg/l), Nisan ayı için (0.27-0.08 mg/l), Ağustos ayı için (0.85-0.28mg/l)'dir (Çizelge 3.2).

### **3.6 İzotopik Değerlendirme**

Bir elementin izotopu, atomik yapısı itibariyle çekirdeklerinde aynı sayıda proton içeren fakat farklı sayılarda nötrona sahip atomlardır. Bu nedenle izotopların kimyasal

özellikleri ve atom numaraları aynı, aradaki nötron sayısı farkından dolayı kütleleri farklıdır (Sayın ve diğ., 1994).

$^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  (Döteryum) ve  $^3\text{H}$ (Trityum) izotopları su hareketlerinin incelenmesinde en uygun izleyici olmaları bakımından önem taşırlar. Bu izotoplardan  $^{18}\text{O}$  ve  $^2\text{H}$  kararlı,  $^3\text{H}$  ise kararsız yani radyoaktif izotoplardır (Konaklıoğlu, 1981).

Trityum değerlerinin hidrojeolojide kullanılması genellikle suların bağlı yaşının bulunmasında kullanılır. Radyoaktif çürüme denklemi ile yağış sularının yeraltına süzülükten sonra geçen geçiş zamanı belirlenebilir. Kararlı izotoplar olan  $\text{O}^{18}$  ve döteryumdan ise yeraltı suyu araştırmalarında köken saptanması için yararlanılmaktadır.

Yeraltı suyunun izotopik kompozisyonu; yağışlar ile beslendikleri zaman, beslenme alanında, beslenme zamanındaki yağışların ağır izotop içeriklerini yansıtır. Süzülerek akifere ulaşan yağış suyu miktarı ve süzülmeden önce yer yüzeyinde buharlaşma etkisine uğrayıp uğramaması, beslendiği yağışların izotop kompozisyonunu yansıtmasını etkiler. Yıl içinde çeşitli periyotlarda maksimum süzülme oluşur ki, bu dönemler şiddetli yağışların olduğu dönemlerdir. Ayrıca bütün yağışlar aynı oranda yeraltına ulaşmazlar. Bu yüzden yeraltı suyunun izotopik kompozisyonu, yağışların ortalama izotopik kompozisyonundan farklılık gösterir.

Kurak ve yarı kurak alanlarda ise, buharlaşmanın fazla olması nedeniyle hafif yağışlar yeraltına ulaşmadan buharlaşır. Bu nedenle buharlaşmanın fazla olduğu yerlerde, yeraltı suyunda daha pozitif ağır izotop içeriğine sahip değerler gözlenir.

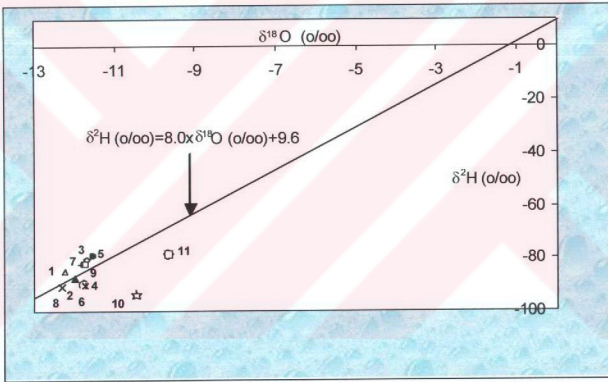
Yeraltı suyu yerel yağışların doğrudan süzülmesi ile oluşabileceği gibi yüksek kotlardaki yağışlardan da beslenebilir. Bu durum yerel yağışların süzülmesi ile yüksek kotlardaki yağışların karışımı şeklinde, ya da yerel yağışların hızla buharlaşıp yeraltına ulaşmadığı durumlarda sadece yüksek kotlara düşen yağışların yeraltı suyuna ulaşması ve izotop içeriğini belirlemesi şeklinde oluşabilir. Yüksek kotlara düşen yağışların ağır izotop içerikleri, düşük kotlara düşen yağışların izotop içeriğine göre daha fakir değerlere sahiptir (Sayın, 1987).

Yeraltı suları, beslenme alanındaki yağışların doğrudan süzülmesi ile beslenebileceği gibi yüzey sularının süzülmesi ile de beslenebilirler. Bu durumda yeraltı suyunun izotopik

değerleri yerel yağışlardan oldukça farklı olan, nehir ve göl sularının ortalama izotop değerlerini yansıtır. Göller buharlaşma nedeni ile ağır izotop içeriği bakımından yerel yağışlara göre zenginleşmiştir.

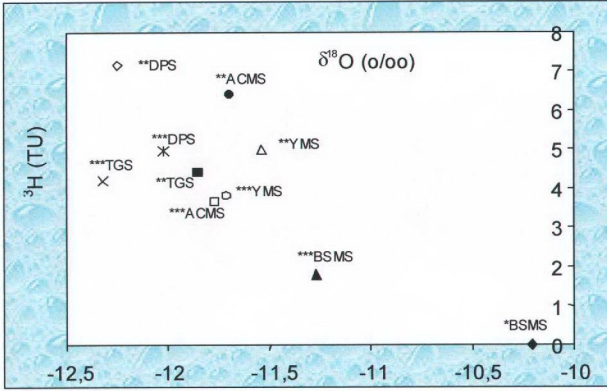
### 3.6.1 Dokuzpınar kaynaklarının izotopik değerlendirmesi

Dokuzpınar ve çevresindeki kaynaklar için daha önceden yapılmış olan çalışmalardan elde edilen izotop analizi sonuçları bulunmaktadır. Bu sonuçlar kullanılarak söz konusu yeraltı suyu kaynağının dolaşım sistemi ve hidrojeolojik özellikleri belirlenebilmektedir. Söz konusu bilgiler doğrultusunda oksijen-18 ve döteryum ( $^2\text{H}$ ) ilişkisini gösteren Şekil 3.2 ve oksijen-18 ile trityum ( $^3\text{H}$ ) ilişkisini gösteren Şekil 3.3'deki grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 3.2 İnceleme alanındaki kaynakların  $\delta^2H$  ve  $\delta^{18}O$  ilişkileri (Afşin ve diğ., 2002)

Burada Şekil 3.2'de Dokuzpınar ve çevresindeki kaynakların meteorik su doğrusu denklemi ( $\delta^2H = 8 \times \delta^{18}O + 9.6$ ) olarak verilmiştir. Bu şekle göre Dokuzpınar kaynaklarının yüksek kotlardaki yağışlardan beslenmiş olduğu söylenebilir. Çünkü kaynakların beslenme yükseklikleri arttıkça, ağır izotop miktarında seyrelme nedeniyle, oksijen-18 parametresi daha negatif değerlere ulaşmaktadır. Bayramhacılı sıcak ve minerali su kaynağının daha az negatif  $^{18}\text{O}$  değerlerine sahip olmasının nedeni, bunların oransal olarak yüksek sıcaklıkların etkisiyle kayaç-su etkileşimine daha çok uğramasıdır (Afşin ve diğ., 2002).



Şekil 3.3 İnceleme alanındaki kaynakların  $\delta^3H$  ve  $\delta^{18}O$  ilişkileri (Afşin ve diğ., 2002)

Şekil 3.3'de ise oksijen-18 ve trityum değerleri arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu grafikten yararlanılarak yeraltı suyunun akifer içinde kalış süresi ve beslenme alanının yüksekliği hakkında bilgi edinmemiz mümkündür. Buna göre Dokuzpınar kaynaklarının beslenme alanı yüksektir. Trityum izotopu ise radyoaktif bozunmaya uğraması nedeniyle, suyun yeraltında dolaşım süresi uzadıkça değer kaybeder. Bu bilgi doğrultusunda; trityum izotopu miktarına bakıldığında Dokuzpınar kaynaklarının çevresinde yer alan Acısu ve Yeşilhisar mineralli suları, Tekgöz sıcak suları, Bayramhacılı sıcak ve mineralli suları içerisinde en genç yeraltı suyu kaynağı olduğu söylenebilir (Afşin ve diğ., 2002).

### 3.7 Yeraltı Suyunun Kirlenmesinin Nedenleri

Yeraltı suyunu kirlenmesi ve derecesinin her ülkeye göre ve yerel olarak önemli değişiklikler gösterebilmesine karşılık, kirlenmenin temel nedenlerini ana başlıklar altında toplamak mümkündür. Yeraltı suyunun kirlenmesinin en belirgin nedeni kentsel ve endüstriyel atıkların arıtmaya tabi tutulmadan ortama depolanmasıdır. Katı, sıvı veya gaz atıklar depolandıktan sonra, iklime, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı suyuna taşınabilir.

Ülkemizde en önemli yeraltı suyu kirlenme nedenlerinden biri, evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir. Kanalizasyon sisteminin olmadığı yerlerde büyük

uygulama alanı bulan septik çukurlardan sızan sular yeraltı suyuna taşınabilmektedir. Mikroorganizmalar, yeraltı suyuna taşınım sırasında doğal olarak temizlenmeye uğrar. Ancak deterjan gibi parçalanmaya karşı dayanıklı bileşikler yeraltı suyuna taşınabilmektedir. Gerçekten de ülkemizde bazı yeraltı suyu örneklerinde önemli miktarda deterjan bileşikleri bulunmuştur.

Septik sistemlerden çıkan kirleticilerden biri de nitrattır. Özellikle bebeklerde metheamoglobinemi hastalığına neden olan nitrat iyonu, yeraltı suyuna sızma sonucu kolaylıkla zararlı değerlere ulaşabilmektedir.

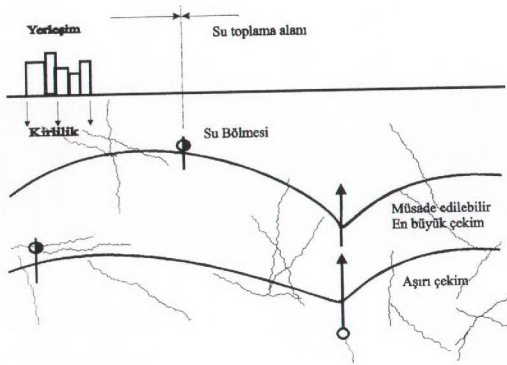
Yeraltı suyu kalitesinde bozulmaya yol açan tarımsal faaliyetler pestisit ve gübre kullanımı ile hayvan atıklarının depolanmasıdır. Özellikle derin olmayan akiferlere kolaylıkla ulaşabilen kirleticiler, önemli sorunlara yol açabilmektedir. Gübre kullanımı ve atıkların doğrudan çevreye boşaltılması sonucu  $NO_3$  derişiminde artış beklenmelidir. Herhangi bir anda yapılan ölçüm sınır değerinin altında sonuç verse bile, sürekli artış olacağı açıktır. Günümüzde pek çok ülkede nitrat derişimleri içme suyu standartlarında belirlenen sınırı aşmış durumdadır.

Yeraltı sularının kirlenmesinin diğer önemli nedenlerinden birisi de aşırı su çekimdir. Akiferlerden müsaade edilebilir en büyük çekimden fazla su alınması da kirlenmeye yol açmaktadır. Özellikle deniz kıyısı bölgelerde aşırı çekim tatlı su basıncının düşmesine ve deniz suyunun kara içinde ilerlemesine neden olur (Uslu ve diğ., 1987). Aşırı çekim nedeniyle oluşabilecek kirlenme Şekil 3.4'de görülmektedir.

### **3.7.1 Dokuzpınar kaynakları için kirlenme kaynakları**

Dokuzpınar soğuksu kaynakları, yeraltı sularının maruz kaldığı yukarıda saydığımız kirlilik unsurlarından etkilenebilmektedir.

İlk olarak bölgede yoğun olarak yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetlerini ele alalım. İleriki bölümlerde verilmiş analiz sonuçlarına bağlı olarak da Dokuzpınar kaynaklarının söz konusu faaliyetlerden etkilenebileceği söylenebilir (Foto 3.1). Tarımda üretimi arttırmak amacıyla kullanılan gübreler ve tarımsal mücadelede kullanılan kimyasal ilaçlar, yağmur suları vasıtasıyla yeraltı sularına ulaşarak suların kirlenmesine neden olmaktadır. Bu durum özellikle Nisan ve Ağustos aylarında yapılan analiz sonuçlarına



Şekil 3.4 Aşırı çekim nedeniyle yeraltı suyunun kirlenmesi (Uslu ve diğ., 1987)

yansımıştır.

Ayrıca yöre halkı tarafından su çevresindeki deterjan kullanımı olumsuz diğer bir faktördür. Bu durum da Kasım ayındaki  $PO_4$  ve  $PO_4$ -P parametrelerindeki artış olarak ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca bölgede yoğun olarak sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Acısu Ovası içerisinde ise özel bir  $CO_2$  üretim tesisi bulunmaktadır (Foto 3.2). Bu tesisin sondajlarından boşaltılan ve yüksek ağır metalleri içeren sulardan yine Ağustos döneminde alınan numunenin analiz sonuçları Çizelge 3.6'da görülmektedir.

Çizelge 3.6 Acısu Ovasındaki  $CO_2$  üretim tesisinin atık su analiz sonuçları

Parametre	Değerler	Parametre	Değerler
Sıcaklık	26.2 °C	Fe	2.0502 mg/l
T.Ç.K.M.	1146.3 mg/l	Cu	0.1688 mg/l
EC	1176.6 $\mu S/cm$	$PO_4$ -P	0.0883 mg/l
Tuzluluk	1.6 mg/l	$PO_4$	0.2715 mg/l
Ç.O.	17.44 mg/l	$NO_2$ -N	0.0215 mg/l
pH	6.5-7.0	$NO_2$	0.0705 mg/l
Mn	1.09 mg/l		



Foto 3.1 Dokuzpınar kaynakları için genel kirlilik durumu

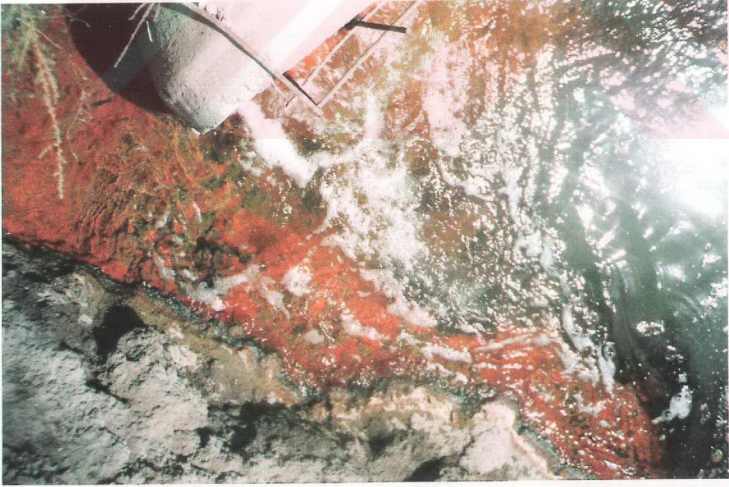


Foto 3.2 Kayseri-Acısü Ovasındaki CO<sub>2</sub> üretim alanında yer alan kanallardaki çöktürler

### **3.8 Yeraltı Suları İçin Kullanılan Ölçütler Ve Sınıflandırma**

#### **3.8.1 Yeraltı suları için kullanılan ölçütler**

Su kalitesi kontrolünün yapılabilmesi ve gerekli standartların tesis edilebilmesi için her şeyden önce su kaynaklarının hangi maksatlar için kullanılacağına bilinmesi gereklidir. Daha sonra bu maksatları sağlayacak kalite kriterleri tespit edilir ve standartlar konulur. Bundan sonra bu standartların uygulanmasını mümkün kılacak yasal düzenlemelerin yapılmasına sıra gelir. Su kaynaklarının muhtemel kullanma şekilleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Su yolu taşımacılığı
2. Enerji üretimi
3. Su temini:
  - a. Belediyelere,
  - b. Sanayi kuruluşlarına
4. Kullanılmış suların uzaklaştırılmasında alıcı ortam olarak:
  - a. Belediye kanalizasyon suları,
  - b. Sanayi sıvı atıkları
5. Balıkçılık ve su ürünleri
6. Tarımsal amaçlarla
  - a. Sulama suyu,
  - b. Çiftliklere içme ve kullanma suyu temini
7. Dinlenme ve turistik maksatlar için
  - a. Yüzme,
  - b. Diğer su sporları (Karpuzcu, 1994).

Suların kalitesi, çeşitli açılardan önemlidir. Her suyun ayrı özelliği ve her kullanımın da ayrı isteği vardır. İçme, sulama ve endüstrinin çeşitli dalları için istenilen su kalitesi değişiktir. Bundan dolayı, su teknolojisinde amaca göre çalışma ve analizler yapılarak her iş için içme suyu, sulama suyu ve endüstri suyu standartları hazırlanmıştır. Suların



kalitesi, içermiş oldukları çeşitli maddelerin analitik yollarla ölçülüp saptanmasıyla ortaya konur.

### 1) İçme suyu ölçütleri

Ülkemizde kabul edilen standartlara göre içme suyunda aranan özellikler Çizelge 3.7'de verilmiştir. Bunlar arasında F, Pb, As, Se ve Cr insan sağlığı açısından çok önemli olup, belli limitleri aşmaması gerekir.

Ayrıca bu konuda kullanılan bir diğer standart da Dünya Sağlık Örgütü (1993) tarafından belirlenen içme suyu standartlarıdır. Bu değerler de aynı çizelge içerisinde yer almaktadır (Çizelge 3.7).

2) Sulama suyu ölçütleri: Sulamada kullanılacak suların içinde bulunması istenilen madde miktarları farklıdır. İnsanlar tarafından kullanılabilir nitelikteki sular sulamada da kullanılabilir.

Genellikle hayvan sulamada kullanılacak suların içinde toplam çözülmüş katı madde miktarlarının Çizelge 3.8'de verilen değerlerden fazla olmaması önerilir. Hayvanlar için çok zehirleyici olan selenyumun sulamada kullanılacak sularda 0.4-0.5 ppm'den fazla olmaması istenir. Ayrıca Ar, Zn, Th, T, NO<sub>3</sub> de olmamalı ve Na, Mg, SO<sub>4</sub> da fazla bulunmamalıdır. Mavi yeşil algler, zehirleyici etkileri nedeniyle sulamada kullanılacak sularda bulunmamalıdır. Sulama suyu içinde erimiş silt ve kil gibi asılı maddelerin belli limitlerden fazla olmaması gerekir. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kriterler Çizelge 3.9'daki gibidir.

### 3) Endüstri suyu ölçütleri

Bir endüstri tesisinin kurulması düşünülürken kullanılacak ham maddelerin yanısıra, bu endüstrinin çeşitli yerlerinde kullanılacak suyunda ele alınması gereklidir. Her endüstrinin kendine özgü su kalitesi ve miktarı vardır. Bu miktardaki ve kalitedeki su, endüstri kurulmadan önce düşünülürse yararlı olmakta, aksi halde büyük sorunlar ve masraf çıkmaktadır. Endüstride su, soğutma, imâlat ve sosyal konutlarda kullanılır. Endüstri tesisinin su problemi incelenirken miktar, kalite ve maliyet ayrıntılı olarak araştırılmalıdır (Erguvanlı ve diğ., 1984).

Çizelge 3.7 İçme suyu standartları (Topbaş ve diğ., 1998)

Parametre	Birim	Avrupa Topluluğu 1980		WHO 1993	TS-266 1997	
		Tav. edi. değer	Maks. değer	Tav. edi. değer	Tav. edi. değer	Maks. değer
Renk	Pt-Co	1	20	15	1	20
Bulanıklık	NTU	0.4	4	5	5	25
Sıcaklık	°C	12	25	-	12	25
EC	µS/cm	400	-	-	400	2000
Klorür	mg/l	25	-	250	25	600
Sodyum	mg/l	20	150	200	20	175
pH	mg/l	6.5-8.5	-	6.5-9.5	6.5-8.5	6.5-9.2
Ask. katılar	mg/l	yok	-	-	yok	1
Potasyum	mg/l	10	12	-	10	12
Top. sertlik	°F	-	min.15	10	-	15
Kalsiyum	mg/l	100	-	-	100	200
Magnezyum	mg/l	30	50	-	30	50
Sülfat	mg/l	25	250	max.250	25	250
Amonyum	mg/l	0.05	0.5	0.2	0.05	0.2
Nitrit	mg/l	-	0.1	-	-	0.1
Nitrat	mg/l	25	50	50	25	50
Demir	mg/l	0.05	0.2	0.3	0.05	0.2
Mangan	mg/l	0.02	0.05	0.1	0.02	0.05
Çinko	mg/l	0.1	-	5	0.1-5	5
Bakır	mg/l	0.1	-	1	0.1-3	3
Kurşun	mg/l	-	0.05	0.01	-	0.05
Selenyum	mg/l	-	0.01	0.01	-	0.01
Arsenik	mg/l	-	0.05	0.01	-	0.05
Krom	mg/l	-	0.05	0.05	-	0.05
Siyanür	mg/l	-	0.05	0.07	-	0.05

Çizelge 3.8 Hayvan sulama sularındaki toplam çözünmüş madde miktarı (Erguvanlı ve diğ., 1984)

Hayvan türü	Toplam çözünmüş madde miktarı (ppm)
Tavuk	2.860
At	6.435
Koyun	12.900
Büyük baş (süt veren)	7.150
Büyük baş (et veren)	10.000

Çizelge 3.9 Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri (Topbaş ve diğ., 1998)

Kalite Kriterleri	Birim	Sulama Suyu Sınıfları				
		I. Sınıf Su (Çok iyi)	II. Sınıf Su (İyi)	III. Sınıf Su (Kullanılabilir)	IV. Sınıf Su (İhtiyatla Kull.)	V. Sınıf Su (Zararlı)
EC <sub>25</sub> × 10 <sup>6</sup>	µS/cm	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
%Na	-	<20	20-40	40-60	60-80	>80
SAR	-	>10	10-18	18-26	>26	-
Klorür	mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat	mg/l	0-192	192-336	336-575	575-960	>960
Top. Tuz	mg/l	0-175	175-225	525-1400	1400-2100	>2100
Bor	mg/l	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2	2.0	-
NO <sub>3</sub> veya NO <sub>4</sub>	mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
Fekal koliform	-	0-2	2-20	20-100	100-1000	>1000
A.K.M	mg/l	20	30	45	60	>100
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 veya 9<
BOI <sub>5</sub>	mg/l	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
Sıcaklık	°C	30	30	35	40	>40

### 3.8.2 Yeraltı sularının sınıflandırılması

Yeraltı suları kalitelerine göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (1988) kapsamında aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

Sınıf YAS I: Yüksek kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS II: Orta kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS III: Düşük kaliteli yeraltı suları

A- Sınıf YAS I - Yüksek kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS I sular içme suyunda ve gıda sanayiinde kullanılabilen yeraltı sularıdır. Bu sınıfa giren yeraltı suları diğer her türlü kullanma amacına uygundur. Sınıf YAS I suları, gerektiğinde uygun bir dezenfeksiyondan sonra içme suyu olarak kullanılabilirler. Sadece havalandırma ile gerekli oksijenin sağlanması şartıyla, Sınıf I yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan yeraltı suları Sınıf YAS I sular olarak kabul edilir.

B- Sınıf YAS II - Orta kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS II sular, bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir. Sınıf II yüzeysel sulara ait kalite parametrelerini sağlayan sular, Sınıf YAS II sular olarak kabul edilir. Ancak demir, amonyum, mangan ve çözünmüş oksijen için konulmuş sınırların bu sınıfa giren sularda sağlanması gereklidir.

#### C- Sınıf YAS III - Düşük kaliteli yeraltı suları

Sınıf YAS III sular, yukarıda verilen kalite parametrelerinden daha kötü özellik taşıyan sulardır. Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir (S.K.Y.Y., 1988).

Yeraltı sularının, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde sınıflandırılmasında kullanılan ve Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri adıyla aynı yönetmelikte yer alan değerler Çizelge 3.10'daki gibidir.

### 3.9 Yeraltı Suları İle İlgili Kirletme Yasakları Ve Düzenlemeler

Yeraltı sularının kullanılması ve korunmasına ilişkin sorumluluklar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtildiği üzere Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir. Ayrıca, yeraltı suyu korunmasına ilişkin özel planlama esasları getirilinceye kadar aşağıda söz edilen yükümlülüklerin yerine getirilmesi gerekir.

A) Yeraltı suyu hangi sınıftan olursa olsun, kalitesinde meydana gelen değişiklik ve bozulmalarda, kirletici kaynak belirlenir ve kirleticilere cezaî müeyyide uygulanır.

B) Bütün deniz kıyısı bölgelerde, yeraltı suyu kalitesinin korunması amacıyla, tuzlu su girişimini önleyecek emniyetli çekim tespitlerinin yapılması gereklidir. Emniyetli çekim değerinin aşılmasına yol açan kaçak kuyular, İdare tarafından belirlenerek kapatılır. Bu işlemi yapan gerçek ve tüzel kişilerin eylemi kirletme yasağı kapsamına girer ve haklarında Çevre Kanununun ilgili hükümleri uygulanır.

C) Kalıcı nitelikteki kirleticilerin uzun süreler sonunda kuyu ve drenlerden ortaya çıkması muhtemel olduğundan, Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği'nde adı geçen ve

Çizelge 3.10 Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (S.K.K.Y., 1988)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
<b>A) Fiziksel ve İnorg-Kimyasal Parametreler.</b>				
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
Çözülmüş oksijen (mg/l)	8	6	3	<3
Klorür iyonu (mg/l)	25	200	400	>400
Sülfat iyonu (mg/l)	200	200	400	>400
Amonyum azotu (mg/l)	0.2	1	2	>2
Nitrit azotu (mg/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05
Nitrat azotu (mg/l)	5	10	20	>20
Toplam fosfor (mg/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
Top. çözülmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	5000
Renk (Pt-Co)	5	50	300	>300
Sodyum (mg/l)	125	125	250	>250
<b>B. Organik Parametreler</b>				
KOİ (mg/l)	25	50	70	>70
BOİ (mg/l)	4	8	20	>20
Organik karbon (mg/l)	5	8	12	>12
Toplam Kjeldal-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	>5
Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	>0.5
Fenolik maddeler (mg/l)	0.002	0.01	0.1	>0.1
Mineralyağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	>0.5
Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	>0.1
<b>C. İnorganik Kirlenme Parametreleri</b>				
Civa (µg/l)	0.1	0.5	2	>2
Kadmiyum (µg/l)	3	5	10	>10
Kurşun (µg/l)	10	20	50	>50
Arsenik (µg/l)	20	50	100	>100
Bakır (µg/l)	20	50	200	>200
Krom (µg/l)		20	50	>50
Kobalt (µg/l)	10	20	200	>200
Nikel (µg/l)	20	50	200	>200
Çinko (µg/l)	200	500	2000	>2000
Siyanür (µg/l)	10	50	100	>100
Florür (µg/l)	1000	1500	2000	2000
Serbest klor (µg/l)	10	10	50	>50
Sülfür (µg/l)	2	2	10	>10
Demir (µg/l)	300	1000	5000	>5000
Mangan (µg/l)	100	500	3000	>3000
Bor (µg/l)	1000	1001	1002	>1000
Selenyum (µg/l)	10	10	20	>20
Baryum (µg/l)	1000	2000	2000	>2000
Aliminyum (µg/l)	0.3	0.3	1	>1
Radyoaktivite (pCi/l)				
Alfa aktivitesi	1	10	10	>10
Beta aktivitesi	10	100	100	>100
<b>D-Bakteriyolojik Parametreler</b>				
Fekal koliform (EMS/100ml)	10	200	2000	>2000
Toplam koliform (EMS/100ml)	100	20000	10000	>10000

hiçbir şekilde çevresel ortamlara verilemeyeceği belirtilen maddeleri kullanan faaliyetler yasaktır.

D) Sınıf Yas I ve Sınıf Yas II grubu yeraltı sularının alındığı kuyu, kaynak ve süzülme galerilerinin toplu içme suyu temini amacıyla kullanılanlarının, 50m'den daha yakın mesafelerde hiçbir yapıya, katı ve sıvı atık boşaltımına ve geçişine izin verilmez. Bu koruma tedbirini uygulayabilmek için yeraltı suyu kaynağının 50 m çevresi dikenli tel ile çevrilir.

E) Koruma alanının büyüklüğü yerel şartlar dikkate alınarak İdare'ce azaltılabilir ya da arttırılabilir. Gerektiği hallerde ikinci bir koruma bandı oluşturularak, bu alanın yapılaşmaya izin verilmeksizin yalnızca geçiş, eğlence gibi amaçlarla kullanımına izin verilebilir.

F) Koruma bantlarının oluşturulmasına halihazırdaki durum, yukarıda A, B, C, D ve E bentlerinde belirtilen tedbirlerin uygulanmasına izin vermiyorsa, bu durumda yapıların kamulaştırılmasına çalışılır. Bunun mümkün olmaması halinde ise, koruma alanı içinde atık boşaltımını engelleyecek tedbirler alınır.

G) Atık sularla veya yağmur suları ile çözünerek yeraltı suyuna taşınabilecek nitelikteki maddeler yeraltı suyu beslenme havzası içerisinde doğrudan depolanmaz.

H) Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği'nde belirtilecek STS3 ve STS4 sınıflarındaki maddeleri ihtiva eden atıklar, ancak Tebliğ'de bahsedilen özel tedbirler alınarak depolanabilir.

I) Yeraltı sularının kirlenmemesi için tedbir almak amacıyla her türlü kimyasal madde, süreç ve arıtma çamurları ve çöp çürütme tankları özel atıklar ve benzeri maddelerin depolama tankları sızdırmaz nitelikte yapılıır.

J) Atık sularla sulama yapıldığı takdirde, sulama suyu miktarı ve sulama programı, bu suların yeraltı suyuna sızarak kalıcı bir kirlenmeye yol açma tehlikesini en aza indirecek şekilde düzenlenir.

K) Özellikle yeraltı sularının içme suyu amacıyla kullanıldığı yörelerde, kullanılan tarım ilaçlarının doğal şartlarda parçalanabilir ve canlılarda uzun süre birikim yapmayacak

türden olması gerekir. Bunların kullanımı konusunda Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'nın ilgili birimlerinden izin alınmalıdır.

L) Gübrelemede, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığının ilgili birimlerce gerekli miktar hesapları detaylı olarak belirlenir ve fazla gübre kullanılmamasına ilişkin denetlemeler yapılır.

M) Radyoaktif izleyiciler kullanılması gerektiğinde, su kirlenmesine neden olmayacak izleyiciler kullanılır.

N) Tehlikeli ve zararlı maddelerin kullanıldığı faaliyetler sırasında, kaza ihtimali göz önüne alınarak, yeraltı suyu kirlenmesine engel olacak tedbirler alınır.

O) Yeraltı suyu besleme havzası içinde kalan ve yeraltı suyu alınan alanlardan kum temin etmek amacıyla kazı yapılması yasaktır.

P) Yeraltı suyuna yapay besleme, yeraltı sularına ilişkin mevzuat hükümlerine göre yapılır (S.K.K.Y., 1988).

## BÖLÜM 4

### BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

İncesu-Dokuzpınar soğuk su kaynaklarından 2002-Kasım, 2003-Nisan ve 2003-Ağustos aylarında alınan numuneler için arazide ve laboratuvarında yapılan analizler sonucu elde edilmiş değerler ile İncesu ilçesinde içme suyu olarak kullanılmakta olunan L-5 kuyusunun 2003-Nisan döneminde, bu çalışma kapsamında yapmış olduğumuz analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Aynı çizelge içerisinde belediyenin daha önceden yine L-5 kuyusu ve ileride içme suyu kaynağı olarak kullanmayı planladığı L-1 kuyusu için İller Bankası’nda yaptırmış olduğu analiz sonuçları da yer almaktadır.

Çizelge 4.1 L-1, L-5 ve Dokuzpınar kaynakları analiz sonuçları

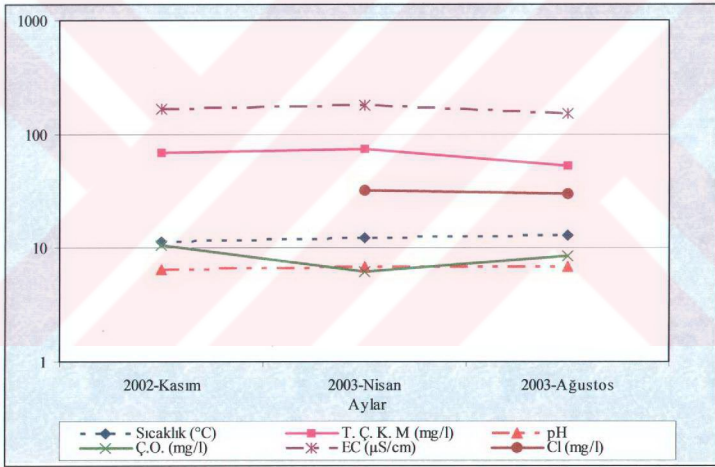
Parametre	L-1 kuy. İl. Bank. sonuçları	L-5 kuy. İl. Bank. sonuçları	L-5 kuy. 2003 Nisan	DPS 2002 Kasım	DPS 2003 Nisan	DPS 2003 Ağus.	DPS Ort.
Sıcaklık (°C)	-	-	19.7	11.5	12.2	12.8	12.16
T.Ç.K.M (mg/l)	-	-	167	68	73	52	64.33
EC (µS/cm)	634	532	408	166	178	152	165.3
Ç.O. (mg/l)	-	-	4.1	10.63	6.2	8.46	8.43
pH	6.7	7.47	6.5	6.5	6.85	6.75	6.7
Bulanıklık (NTU)	1	-	-	-	0.37	0.18	0.28
Top. sertlik (Fr.S)	13	20	-	-	4	4	4
Alkalinite (mg/l)	151.9	-	-	-	70	60	65
Org. mad. (mg/l)	0.42	-	-	-	0.4	0.4	0.4
Kalsiyum (mg/l)	23.09	39.1	-	-	8	6	7
Magnezyum (mg/l)	17.50	24.9	-	-	6	6	6
Demir (mg/l)	0.04	-	0.0068	0.0139	0.016	0.0016	0.009
Mangan (mg/l)	-	-	0.0633	0.0388	0.0034	0.0479	0.03
Bakır (mg/l)	-	-	0.0222	0.0182	0.02	0.0081	0.0154
Klorür (mg/l)	-	-	-	-	32	30	31
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0	0.01	0.0068	0.0041	0.0073	0.0186	0.01
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	-	-	0.002	0.0012	0.022	0.0057	0.0096
NO <sub>3</sub> (mg/l)	6.63	-	9.4872	2.8210	4.5136	3.1942	3.5096
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	-	-	2.1422	0.637	1.0192	0.7212	0.7925
NH <sub>4</sub> (mg/l)	-	-	-	0.2	1.541	3.1242	1.6217
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	-	-	-	0.1552	0.3413	2.4322	0.9762
PO <sub>4</sub> (mg/l)	-	-	0.2478	1.4761	0.2728	0.8539	0.8676
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	-	-	0.0806	0.4803	0.0887	0.2778	0.282



#### 4.1 Fiziksel Kalite Parametreleri

Dokuzpınar kaynaklarının fiziksel parametrelerinin grafiksel değerlendirmesi Şekil 4.1’de verilmiştir. 2002-Kasım, 2003-Nisan ve 2003-Ağustos aylarında yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerler arasında çok büyük farklılık yoktur. Bu bölümde söz konusu parametreler sırayla değerlendirilmiştir.

Sıcaklık 11.5°C ile 12.8°C arasında değişmektedir. Değerler iklimle doğru orantılı olarak gelişim göstermektedir. Dokuzpınar kaynaklarında en düşük sıcaklık 11.5°C değeri ile 2002-Kasım, en yüksek sıcaklık 12.8°C değeri ile 2003-Ağustos ayında ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Söz konusu Dokuzpınar kaynağı bir yeraltı suyu olduğundan, sıcaklık yüzeysel sulara göre daha karardır. Bu yeraltı sularının genel özelliğidir.



Şekil 4.1 Fiziksel parametrelerin mevsimlere göre değişimi

pH değeri ise 6.5 ile 6.85 arasında değişmektedir. En düşük pH değeri 6.5 2002-Kasım, en yüksek değer 6.85 ise, 2003-Nisan ayında ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Yani nötral değere yakındır. Yeraltı sularının pH değeri genellikle 3.5-10 arasında değişmektedir. İncesu-Dokuzpınar soğuk su kaynakları da bu sınırlar içerisinde yer almaktadır. Ayrıca pH değerleri yeraltı sularının temas halinde bulunduğu kayaç türü hakkında da bilgi verebilmektedir. Bu doğrultuda Dokuzpınar kaynaklarının kökeni

Erciyes Dağı volkanitlerine ait bazaltlardan oluşan serbest akiferdir (Afşin ve diğ., 2002).

T.Ç.K.M. değeri 73 mg/l ile 52 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). T.Ç.K.M. miktarı pH'ya paralel olarak değişim göstermektedir. Sıcaklık ise, T.Ç.K.M. miktarıyla doğru orantılı olmalıdır. Yani sıcaklık arttığında T.Ç.K.M. miktarında da artış olmalıdır. Kasım ve Nisan aylarında bu paralellik gözlenmiştir. Dokuzpınar kaynakları yüksek kotlara düşmüş yağışlarla beslendiği ve sığ kuşaklarda hızlı dolaştığı için, kayaçla temas süresi az dolayısıyla çözünmüş madde içeriği düşüktür.

Çözünmüş oksijen parametresini inceleyecek olursak; 6.2 mg/l ile 10.63 mg/l arasında değişmektedir. En düşük değer 6.2 mg/l ile 2003-Nisan, en yüksek değer ise, 10.63 mg/l ile 2002-Kasım ayına aittir (Çizelge 4.1). Suların içerisinde çözünmüş oksijen miktarı basınçla doğru, sıcaklıkla ters orantılıdır. Buna paralel olarak sıcaklığın en düşük olduğu 2002-Kasım ayında çözünmüş oksijen en yüksek değerini almıştır. Ancak Nisan ayında sıcaklık Ağustos'a göre daha düşük olmasına rağmen, çözünmüş oksijen miktarı Ağustosta daha yüksektir.

Elektriksel iletkenlik parametresi; her üç dönemde de birbirine yakın değerlere sahiptir. En yüksek 178  $\mu\text{S}/\text{cm}$  değeri ile 2003-Nisan dönemine, en düşük 152  $\mu\text{S}/\text{cm}$  değeri ise 2003-Ağustos dönemine aittir (Çizelge 4.1). Sulara evsel ya da endüstriyel atık suların ve sulamadan gelen suların deşarjı suyun EC'sinin artmasına neden olur.

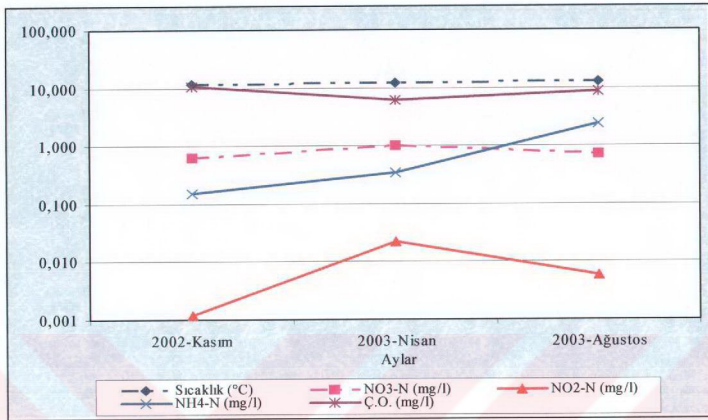
Klorür iyonu derişimine bakıldığında EC ve pH parametreleri ile paralellik göstermektedir. Yani  $\text{Cl}^-$  iyonu derişimi arttığında EC değerinde ve pH değerinde artış gözlenmektedir. Ayrıca  $\text{Cl}^-$  iyonu T.Ç.K.M. miktarıyla da orantılıdır. Bunu sebebi; T.Ç.K.M. miktarının en önemli bileşenlerinden birinin  $\text{Cl}^-$  iyonu olmasıdır. Bunun sonucunda 2003-Nisan ve 2003-Ağustos dönemlerinde görüldüğü üzere  $\text{Cl}^-$  iyonu 32 mg/l'den 30 mg/l'ye düştüğünde, T.Ç.K.M. miktarı da 73 mg/l'den 52 mg/l'ye düşmüştür (Çizelge 4.1).

## 4.2 Kimyasal Kalite Parametreleri

### 4.2.1 Nutrient bileşiklerinin değişimi

Bu bölümde kimyasal parametrelerin çeşitli şekillerde grafiksel değerlendirilmesi

yapılmıştır. İlk olarak kimyasal parametrelerden  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  ve  $\text{NH}_4\text{-N}$  ile çözülmüş oksijen ve sıcaklık parametrelerinin yer aldığı Şekil 4.2'deki grafik değerlendirilebilir.

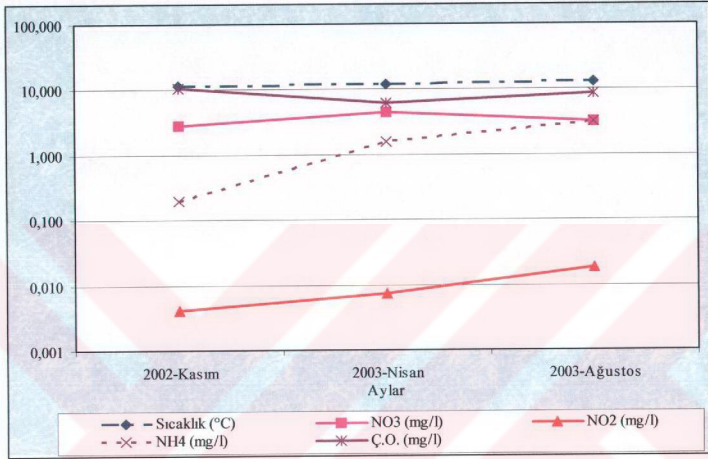


Şekil 4.2 Azot bileşikleri, çözülmüş oksijen ve sıcaklık parametrelerinin mevsimlere göre değişimleri

$\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonu 0.637 mg/l ile 1.0192 mg/l değerleri arasında değişmektedir. En düşük 0.637 mg/l değeri 2002-Kasım, en yüksek 1.0192 mg/l değeri ise 2003-Nisan ayına aittir (Çizelge 4.1). 2003-Nisan ayındaki değer diğer aylara göre daha yüksek olması bir kirlenme belirtisi olabilmektedir. Azot bileşiklerinden kaynaklanan kirliliğin kaynağı genelde tarımsal faaliyetler, gübreleme ve biyolojik aktivedeki artış olarak açıklanabilmektedir. Dolayısıyla  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarında 2003-Nisan dönemindeki yüksek değer, bu dönemde tarımsal ve biyolojik faaliyetlerin fazla olmasından kaynaklanabilir. Dokuzpınar kaynakları sığ kuşaklarda dolaştığı ve bu dönemde de yağışların diğer dönemlere göre daha fazla olmasının da etkisiyle çevrede yaygın olarak yapılan tarımsal faaliyetlerin suyun içeriğinde bu tarz değişimlere yol açması olasıdır.

$\text{NO}_2\text{-N}$  konsantrasyonu da  $\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonu gibi 2002-Kasım ayında 0.0012 mg/l değeri ile en düşük, 0.022 mg/l değeri ile 2003-Nisan ayında en yüksek değerini almıştır. Ancak  $\text{NO}_3\text{-N}$ 'unda olduğu kadar değerler büyük değildir. Yine burada 2003-Nisan döneminde bir tarımsal kirlenme söz konusu olabilir. Ayrıca  $\text{NO}_3\text{-N}$  ve  $\text{NO}_2\text{-N}$  miktarı çözülmüş oksijen parametresi ile kıyaslandığında;  $\text{NO}_3\text{-N}$  ve  $\text{NO}_2\text{-N}$  parametrelerinin

en yüksek değerlerini aldıkları 2003-Nisan döneminde, çözülmüş oksijen 6.2 mg/l ile en düşük değerini almıştır. Buradan da yine bir biyolojik aktivite artışının olduğu sonucuna varılabilir. NH<sub>4</sub>-N, 2002-Kasım döneminde en düşük, 2003-Ağustos döneminde ise en yüksek değerini almıştır. Bu değerler 0.1554 mg/l ile 2.4322 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.3 Nutrient içeriklerinin mevsimlere göre değişimleri

Şekil 4.3'de ise NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> parametreleri ile sıcaklık ve çözülmüş oksijen parametreleri değerlendirilmiştir.

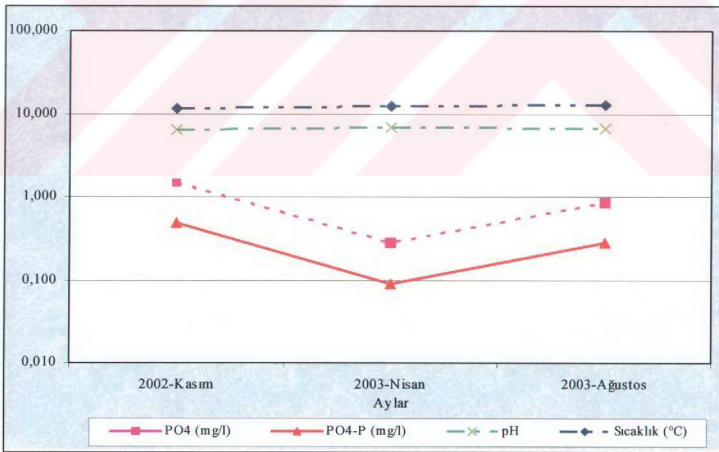
NO<sub>3</sub> konsantrasyonu NO<sub>3</sub>-N değerlerine paralel olarak; 4.5136 mg/l değeri ile 2003-Nisan ayında en yüksek, 2.8210 mg/l değeriyle de 2002-Kasım ayında en düşük değeri almıştır (Çizelge 4.1). Nitrat tarımsal kirlenmenin bir işaretidir. Bu durum Dokuzpınar kaynaklarında belirgin olarak görülmektedir. Yörede yaygın olarak yapılan tarım, özellikle ilkbahar aylarındaki gübreleme çalışmaları sonucu NO<sub>3</sub> olarak Dokuzpınar kaynaklarında kendini göstermektedir. Ayrıca NO<sub>3</sub>'ün kaynağı azot yönünden zengin toprak katmanları da olabilir.

NO<sub>2</sub> parametresinde ise; 0.0186 mg/l değeri ile 2003-Ağustos döneminde en yüksek, 0.0041 mg/l değeri ile 2002-Kasım döneminde en düşük değerini almıştır (Çizelge 4.1). Burada NO<sub>2</sub>-N'den farklı olarak Nisan yerine Ağustos ayında en yüksek değerinin olması,

2003-Nisan döneminde  $\text{NO}_2$ 'nin hızla  $\text{NO}_3$ 'a yükselttiği şeklinde açıklanabilir.

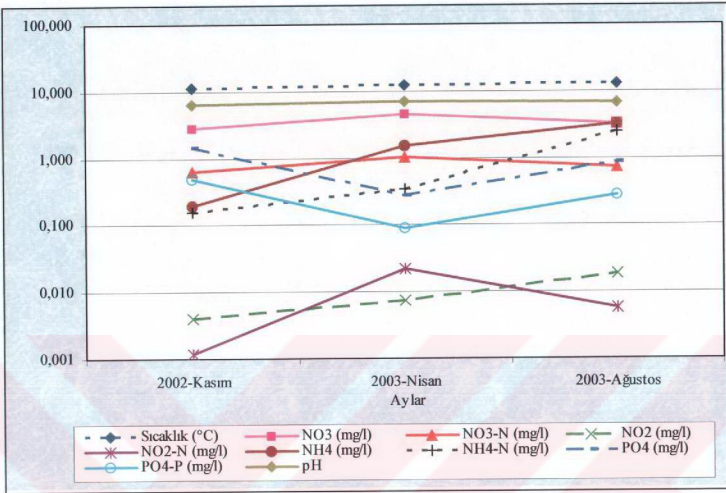
$\text{NH}_4$  değeri ise,  $\text{NH}_4\text{-N}$  ile aynı doğrultudadır ve 3.1242 mg/l değeri ile 2003-Ağustos'da en yüksek, 0.2 mg/l değeri ile 2002-Kasım da en düşük değerini almıştır (Çizelge 4.1). Su içerisinde nitrit ve amonyağın varlığı bir kirlenme indikatörüdür. Bu nedenle içme suyu olarak kullanılacak kaynaklarda bu parametrelerin sıfır olması istenir. Ancak yeraltı sularında nitrit ve amonyağın varlığı, oksijenin ortamda az bulunması nedeniyle nitratın amonyak ve nitrite indirgenmesi olarak da açıklanabilmektedir. Bu nedenle oluşmuş nitrit ve amonyak bir kirlenme belirtisi olarak görülmeyebilir.

Şekil 4.4'de ise su içerisindeki  $\text{PO}_4$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$  parametrelerine ait değerlerin grafiksel gösterimi verilmiştir. Buna göre;  $\text{PO}_4$  için en yüksek değer 2002-Kasım ayında 1.4761 mg/l, en düşük 2003-Nisan ayında 0.2728 mg/l olarak ölçülmüştür.  $\text{PO}_4\text{-P}$  değerleri de aynı paraleldeki değerlere sahiptir. Buna göre en yüksek 0.4803 mg/l (2002-Kasım) ve en düşük 0.0887 mg/l (2003-Nisan)'dir (Çizelge 4.1).  $\text{PO}_4$ 'ın su içerisinde yer alması suyun evsel atık su ile kirlenmiş olabilme olasılığını ortaya çıkarır. Bu doğrultuda 2002-Kasım ayında bir evsel atık su deşarjından bahsedilebilir.



Şekil 4.4 Fosfat bileşiklerinin mevsimlere göre değişimi

Şekil 4.5'de ise sıcaklık, pH ve tüm nutrient bileşiklerin yer aldığı genel bir grafik yer almaktadır.



Şekil 4.5 Tüm parametrelerin mevsimlere göre değişimi

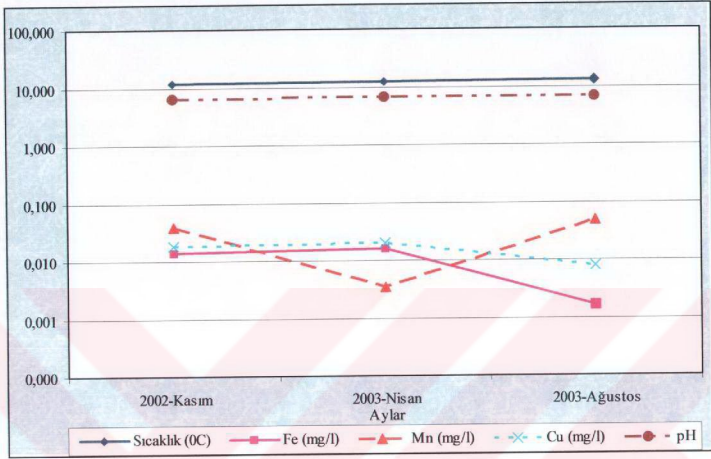
#### 4.2.2 Ağır metal içeriğinin değişimi

Her üç dönemde yapılan analizler sonucunda elde edilen demir, mangan ve bakır konsantrasyonları Şekil 4.6'da grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca söz konusu parametrelerin su içerisindeki çözünürlüklerini etkileyen sıcaklık ve pH değerleri de aynı grafik içerisinde yer almıştır.

Demir konsantrasyonuna bakıldığında en düşük 0.0016 mg/l değeri ile 2003-Ağustos ayında, en yüksek ise 0.016 mg/l değeri ile 2003-Nisan ayında gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Söz konusu değerlerin çok düşük olduğu ve TS-266 Türk İçme Suyu Standartları içerisindeki "müsaade edilen 0.3 mg/l" değerinin çok altında yer almaktadır. Bu durumda demir konsantrasyonu Dokuzpınar kaynaklarından sağlanabilecek içme suyu için herhangi bir sorun yaratmayacak kadar düşüktür.

Mangan konsantrasyonuna bakıldığında; en düşük 2003-Nisan ayında 0.0034 mg/l, en yüksek 2003-Ağustos ayında 0.0479 mg/l değerlerinde olduğu gözlenmektedir (Çizelge

4.1). Mangan konsantrasyonu da, yine demir de olduğu gibi çok düşüktür. TS-266 Türk İçme Suyu Standartlarında mangan için müsaade edilen 0.1 mg/l sınır değerinin çok altındadır.



Şekil 4.6 Ağır metal içeriğinin mevsimlere göre değişimi

Bakır konsantrasyonu ise 0.0081 mg/l ile 0.02 mg/l değerleri arasındadır (Çizelge 4.1). TS-266'da müsaade edilen 1 mg/l değerini aşmamaktadır. Suda eser miktarda bile bulunduğu takdirde toksik etki yapabilmektedir.

Genel olarak pH nötre yakın değerlere sahip olduğundan söz konusu ağır metallerin çözünürlüğüne çok fazla etki etmemiştir.

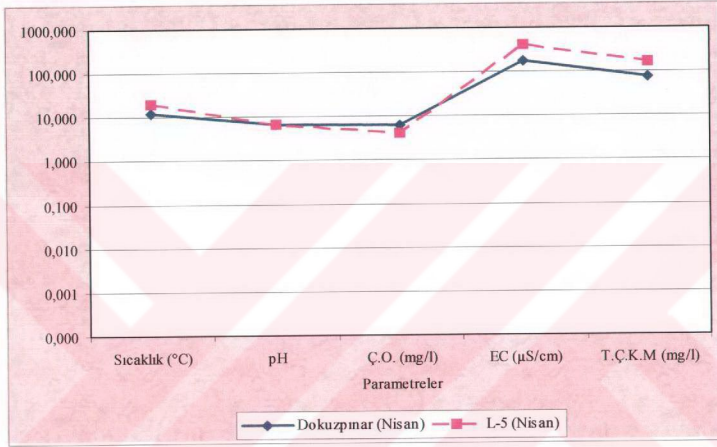
Ağır metal içeriği itibariyle Dokuzpınar kaynaklarında bu tür bir kirliliğe yol açacak bir deşarj söz konusu değildir. Gözlenen değerler kaynakların içme suyu olarak kullanılmasına engel değildir.

### 4.3 L-5 Kuyusu ve Dokuzpınar Kaynaklarının Karşılaştırılması

Dokuzpınar kaynaklarından 2003-Nisan ayında alınan numune ile İncesu beldesinin şu anda kullanmakta olduğu içme suyunun temin edildiği L-5 kuyusundan yine 2003-Nisan ayında alınan numune için yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular Şekil 4.7, Şekil

4.8, Şekil 4.9'da grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.7'de sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve T.Ç.K.M. içerikleri açısından değerlendirme yapılmıştır. Sıcaklık parametresine bakıldığında Dokuzpınar kaynağının 12.2<sup>0</sup>C, L-5 kuyusunun ise 19.7<sup>0</sup>C sıcaklığa sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). Her iki suyun sıcaklığının da içme suyu standartlarına yakın olduğu söylenebilir.



Şekil 4.7 Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu için fiziksel parametrelerin karşılaştırılması

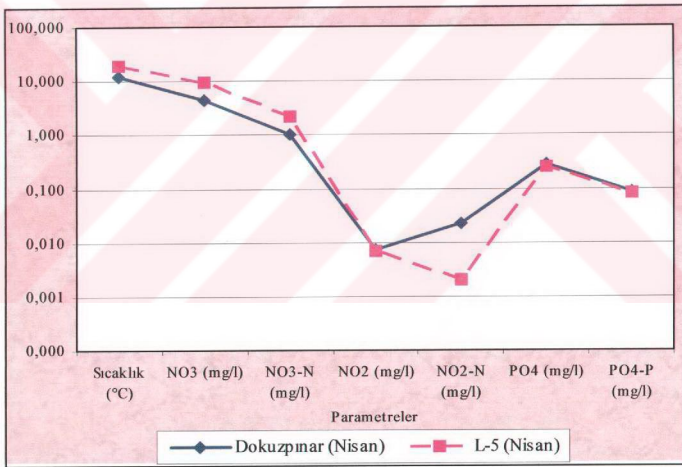
pH ise Dokuzpınar kaynağı için 6.85, L-5 kuyusu için 6.5'dir. Her iki değer de nötre yakın olup içme suları için müsaade edilen 6.5-8.5 sınırları içerisindedir.

Çözülmüş oksijen parametresi ise Dokuzpınar kaynağı için 6.2 mg/l, L-5 kuyusu için 4.1 mg/l' dir (Çizelge 4.1). L-5 kuyusundan alınan suyun sıcaklığı Dokuzpınar kaynağına oranla daha yüksek olduğundan ve çözülmüş oksijen miktarı sıcaklıkla ters orantılı olarak değiştiğinden L-5 kuyusunun çözülmüş oksijen miktarının Dokuzpınar soğuk su kaynağına oranla da düşüktür. Kaynaklar sahip oldukları çözülmüş oksijen değerleri itibariyle; Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu II. sınıf su standartlarına uymaktadır (S.K.K.Y., 1988).



Elektriksel iletkenlik değerleri ise Dokuzpınar kaynağında 178  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , L-5 kuyusunda 408  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Aynı farklılık T.Ç.K.M. parametresinde de gözlenmektedir. L-5 kuyusunda 167 mg/l T.Ç.K.M. konsantrasyonu, Dokuzpınar kaynağında ise 73 mg/l T.Ç.K.M miktarı ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Yani elektriksel iletkenlik ve T.Ç.K.M parametreleri paralellik göstermektedir. Aynı zamanda T.Ç.K.M. miktarı sıcaklıkla doğru orantılı olarak artmaktadır. TS-266 içme suyu standartlarında elektriksel iletkenlik için müsaade edilen değer 400 mg/l, maksimum değer ise 2000 mg/l'dir. Buradan da anlaşılacağı üzere L-5 kuyusunun elektriksel iletkenliği müsaade edilen değer üzerinde olmasına rağmen sınırı aşmamaktadır.

Şekil 4.8'de ise 2003-Nisan döneminde L-5 kuyusundan ve Dokuzpınar soğuk su kaynaklarından alınan numuneler için yapılan  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$  değerleri gösterilmiştir. Buna göre her bir parametre aşağıda tek tek incelenmiştir.



Şekil 4.8 Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu için nutrient madde içeriklerinin karşılaştırılması

$\text{PO}_4$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$  değerleri çok az farkla da olsa Dokuzpınar kaynaklarında daha yüksektir.  $\text{PO}_4$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$  sırayla Dokuzpınar soğuksu kaynağı için 0.2728 mg/l ve 0.0887 mg/l, L-5 kuyusu için yine sırayla 0.2478 mg/l ile 0.0806 mg/l arasında değişmiştir (Çizelge 4.1).  $\text{PO}_4$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$ 'nin suda bulunmasının nedeni bir evsel atık su deşarjına bağlanabilir.

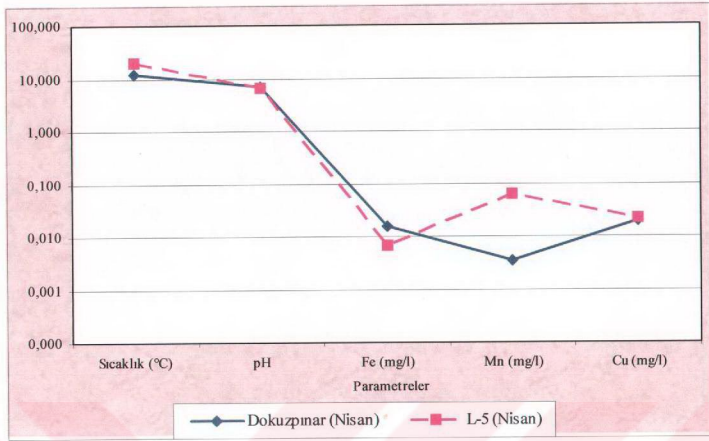
Ancak her iki nokta içinde söz konusu değerler çok düşüktür. Kaynaklar sahip oldukları  $PO_4$ -P değerleri itibariyle I. sınıf su standartlarına uygundur (S.K.K.Y., 1988).

$NO_2$  ve  $NO_2$ -N parametrelerinin değerleri  $PO_4$  ve  $PO_4$ -P parametrelerinde olduğu gibi Dokuzpınar kaynağında, L-5 kuyusuna oranla daha yüksektir. Ancak değerler çok yüksek değildir.  $NO_2$  ve  $NO_2$ -N değerleri Dokuzpınar kaynağı için 0.0073 mg/l ve 0.022 mg/l; L-5 kuyusu için ise, 0.0068 mg/l ve 0.002 mg/l'dir (Çizelge 4.1). Ayrıca  $NO_2$ -N değeri Dokuzpınar için üç ayrı ayda yapılan analizler içerisinde en yüksek değere Nisan ayında ulaşmaktadır.  $NO_2$ -N parametresi dikkate alındığında, Dokuzpınar kaynağı II. sınıf su, L-5 kuyusu ise I. sınıf su olarak değerlendirilebilir. TS-266 içme suyu standartlarına göre ise suda  $NO_2$ 'nin mevcut olması istenmez.

Son olarak  $NO_3$  ve  $NO_3$ -N değerlerine göre diğer parametrelerden farklı olarak L-5 kuyusunda Dokuzpınar kaynağından daha yüksek değerler saptanmıştır. L-5 kuyusu için sırayla  $NO_3$  ve  $NO_3$ -N değerleri 9.4872 mg/l ve 2.1422 mg/l, Dokuzpınar kaynağı için 4.5136 mg/l ve 1.0192 mg/l'dir (Çizelge 4.1). Burada da görüldüğü üzere  $NO_3$ -N ve  $NO_2$ -N birbirine ters orantılı olarak değişmektedir.  $NO_3$ 'ün kaynağı gübreler ve topraktaki organik maddelerdir. Toprak fosfat ve amonyuma oranla nitrat iyonlarını daha zor tutmakta ve bu nedenle de  $NO_3$  ve  $NO_3$ -N değerleri daha yüksek olabilmektedir. Buna paralel olarak, L-5 kuyusunda  $NO_3$  ve  $NO_3$ -N derişimlerinin daha yüksek çıkması kuyu çevresindeki zemini oluşturan toprağın yapısı itibariyle içerdiği organik maddelerden de olabilir. L-5 kuyusu ve Dokuzpınar kaynaklarının her ikisi de sahip oldukları  $NO_3$ -N değerleriyle, kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılmasında belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında I. sınıf su grubunda yer almaktadır (S.K.K.Y., 1988). TS-266 içme suyu standartlarına göre  $NO_3$  içme sularında istenmeyen bir unsurdur. Maksimum değer ise 45 mg/l' dir. Bu standartlar paralelinde sularda önemli boyutta bir kirlilik yoktur.

Şekil 4.9'da ise L-5 kuyusu ile Dokuzpınar kaynaklarının 2003-Nisan dönemine ait demir, mangan, bakır içerikleri ile sıcaklık ve pH değerlerini kapsayan grafik görülmektedir. İki kaynak kıyaslandığında L-5 kuyusunun Fe hariç, Dokuzpınar kaynaklarından daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Demir iyonu Dokuzpınar kaynağı için 0.016 mg/l, L-5 kuyusu için 0.0068 mg/l



Şekil 4.9 Dokuzpınar kaynağı ve L-5 kuyusu için ağır metal içeriklerinin karşılaştırılması

konsantrasyonundadır (Çizelge 4.1). Bu değerler TS-266 içme suyu standartlarına göre müsaade edilen 0.3 mg/l değerinin çok altındadır.

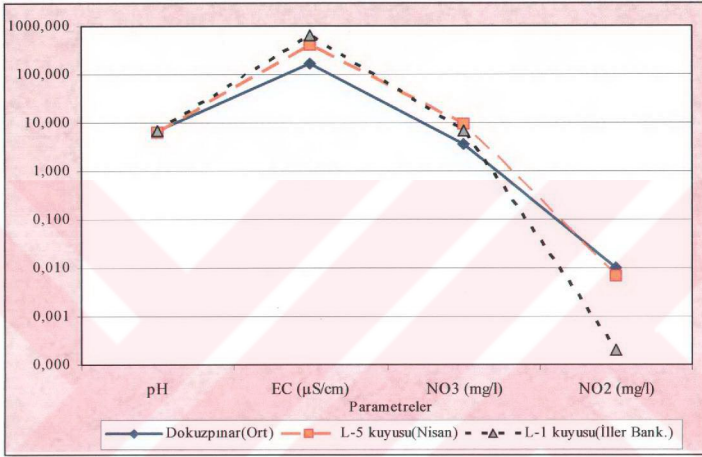
Mangan iyonu ise Dokuzpınar kaynağı için 0.0034 mg/l, L-5 kuyusu için 0.0633 mg/l değerindedir (Çizelge 4.1). Her iki kaynağında sahip olduğu değerler TS-266'da mangan için müsaade edilen 0.1 mg/l değerinin çok altındadır.

Aynı durum bakır iyonu için de geçerlidir. Her iki kaynağında sahip olduğu yaklaşık 0.022 mg/l değeri TS-266'daki 1.0 mg/l müsaade edilen değerin çok altındadır. Kısacası suyun kalitesini bozabilecek herhangi bir derişime sahip ağır metal konsantrasyonu söz konusu değildir.

Son olarak ise, Şekil 4.10'da Dokuzpınar kaynağının her üç dönemde elde edilen değerlerinin ortalaması, İncesu ilçesinin şu anda içme suyunu temin ettiği L-5 kuyusu ve de ilçenin gelecekte kullanmayı planladığı L-1 kuyusunun İller Bankası tarafından yapılan analiz sonuçlarına ilişkin grafik görölmektedir.

L-1 ve L-5 kuyusu kıyaslandığında;  $\text{NO}_3$  ve  $\text{NO}_2$  parametreleri L-1 kuyusunda daha düşüktür. Yani kirliliğin var olduğuna işaret eden bu iki parametreye göre L-1

kuyusundan elde edilecek suyun nispeten daha temiz olduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra elektriksel iletkenliği en yüksek kaynak yine L-1 kuyusudur. 634  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olan bu değer TS-266'ya göre müsaade edilebilen 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  değerinden yüksek ancak maksimum değer olan 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den daha düşüktür (Çizelge 4.1). Elektriksel iletkenlik parametresinden yola çıkılarak L-1 kuyusu için çözünmüş iyon miktarının da diğer kaynaklara oranla yüksek olabileceği söylenebilir.



Şekil 4.10 L-1, L-5 ve Dokuzpınar kaynaklarının kıyaslanması

pH parametresi bakımından, Dokuzpınar kaynakları için ortalama 6.7, L-5 kuyusu için 6.5, L-1 kuyusu için 6.7'dir (Çizelge 4.1). Tüm bu pH değerleri TS-266 içme suyu standartlarının 6.5-8.5 sınır değerleri arasındadır.

Bu sonuçlar itibarıyla kuyulardan alınacak suyun miktarının, Dokuzpınar kaynağına oranla daha yüksek olacağını düşünülmesi, bu kuyuların en büyük tercih sebebi olarak gösterilmektedir.

## BÖLÜM 5

### DOKUZPINAR KAYNAKLARININ SU KALİTESİ

#### 5.1 Dokuzpınar Kaynaklarının Su Kalitesi Değerlendirmesi

Dokuzpınar'da su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan değerlendirmelerde Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılması ile ilgili kalite parametreleri esas alınmıştır. Buna göre üç ayrı dönemde yapılan analizler sonucu elde edilen değerler ve bu üç değerlerin ortalaması, söz konusu kalite kriterleri ile aşağıda karşılaştırılmıştır.

##### 5.1.1 2002-Kasım ayı su kalite değerlendirme

İlk olarak 2002-Kasım ayında elde edilen değerler ve Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğindeki parametreler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 2002-Kasım ayı analiz sonuçları ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması

Parametre	Su Kalitesi Sınıfları				Numune Kasım (2002)
	I	II	III	IV	
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30	11.5
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.5
Ç.O. (mg/l)	8	6	3	< 3	10.63
Klorür (mg/l)	25	200	400	>400	-
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.2	1	2	>2	0.1552
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05	0.0012
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	10	20	>20	0.6370
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65	<b>0.4803</b>
T.Ç.K.M. (mg/l)	500	1500	5000	>5000	68
Bakır (mg/l)	0.02	0.05	0.2	>0.2	0.0182
Demir (mg/l)	0.3	1	5	>5	0.0139
Mangan (mg/l)	0.1	0.5	3	>3	0.0388

Bu dönemde PO<sub>4</sub>-P parametresi dışındaki tüm parametrelerin I.sınıf kaliteli su değerlerini sağladıkları görülmektedir. Ancak PO<sub>4</sub>-P değeri 0.4803 mg/l değeri ile III. sınıf kaliteli su sınıfına girmektedir. Sularda fosfor çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur

ve doğal ortamlarda gerçekleşen pek çok biyokimyasal reaksiyonda yer almaktadır. Genellikle yeraltı sularında evsel atık sular ve deterjan kullanımı ile karışmaktadır.

### 5.1.2 2003-Nisan ayı su kalite değerlendirmesi

2003-Nisan döneminde ise farklı değerler söz konusudur. Bu durum Çizelge 5.2’de görülmektedir.

Çizelge 5.2 2003-Nisan ayı analiz sonuçları ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması

Parametre	Su Kalitesi Sınıfları				Numune
	I	II	III	IV	Nisan (2002)
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30	12.2
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.85
Ç.O. (mg/l)	8	6	3	< 3	<b>6.2</b>
Klorür (mg/l)	25	200	400	>400	<b>32</b>
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.2	1	2	>2	<b>0.3413</b>
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05	<b>0.022</b>
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	10	20	>20	1.0192
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65	<b>0.0887</b>
T.Ç.K.M. (mg/l)	500	1500	5000	>5000	73
Bakır (mg/l)	0.02	0.05	0.2	>0.2	0.02
Demir (mg/l)	0.3	1	5	>5	0.0116
Mangan (mg/l)	0.1	0.5	3	>3	0.0034

Çözünmüş oksijen, PO<sub>4</sub>-P, Cl<sup>-</sup> ve NH<sub>4</sub>-N değerleri II. sınıf su kalitesine uymaktadır. Bunun dışında NO<sub>2</sub>-N değerinin de III. sınıf kaliteli su sınıfına girdiği gözlenmektedir. Diğer tüm parametreler I. sınıf kaliteli su standartları içerisinde yer almaktadır. Burada 2002-Kasım ayına oranla kalitesi daha düşük bir su söz konusudur. Bu durum bir önceki bölümde yer alan grafiklerde de görülmektedir ve söz konusu dönemin mevsimsel sonuçları olarak yorumlanabilir. Çünkü bölgede tarımsal faaliyetler, gübreleme ve hayvancılık yaygın olarak yapılmakta ve bu durum bir yeraltı kaynağı olan Dokuzpınar sularına NO<sub>2</sub>-N ve NH<sub>4</sub>-N parametrelerindeki fazlalıklar olarak yansımaktadır. Her iki parametrede evsel atık sular ve gübreleme faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirlenme unsurlarıdır. Cl<sup>-</sup> iyonu ise yeraltı sularında, süzülme esnasında toprak katmanlarından çözünerek suya karışabilir veya insan dışkı, özellikle idrar, tüketilen su ve gıdadakine eşdeğer miktarlarda klorür içermektedir. Bu miktar ortalama olarak 6gr klorür/kişi/gün seviyesinde olup, bu evsel atık sularındaki klorür miktarını artırır. Bu da yine klorür iyonu için kaynak oluşturabilir.

### 5.1.3 2003-Ağustos ayı su kalite değerlendirmesi

2003-Ağustos verileri ise Çizelge 5.3’de verilmiştir. Burada elde edilen sonuçlara göre, NH<sub>4</sub>-N değeri IV. sınıf su standartları içerisinde yer almaktadır. Diğer parametrelerden NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, Cl<sup>-</sup> ise II. sınıf su kalitesine uymaktadır. Bunun haricinde diğer tüm parametreler I. sınıf su kalitesi değerleri içerisinde yer almaktadır. Bu sonuçlar itibariyle 2003-Nisan dönemiyle paralellik göstermektedir. Buradan hareketle suyun yine 2002-Kasım dönemine göre çok daha düşük kalitede bir su olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 5.3 2003-Ağustos ayı analiz sonuçları ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması

Parametre	Su Kalitesi Sınıfları				Numune
	I	II	III	IV	Ağustos (2003)
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30	12.8
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.75
Ç.O. (mg/l)	8	6	3	< 3	8.46
Klorür (mg/l)	25	200	400	>400	30
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.2	1	2	>2	2.4322
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05	0.0057
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	10	20	>20	0.7212
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65	0.2778
T.Ç.K.M. (mg/l)	500	1500	5000	>5000	52
Bakır (mg/l)	0.02	0.05	0.2	>0.2	0.0081
Demir (mg/l)	0.3	1	5	>5	0.0016
Mangan (mg/l)	0.1	0.5	3	>3	0.0479

### 5.2 TS-266’ya Göre İçmesuyu Kalitesi

Ülkemizde içmesuyu olarak kullanılacak kaynaklar için TS-266 Türk İçmesuyu Standartlarında belirlenen koşullar aranmaktadır. İncesu-Dokuzpınar kaynaklarının da içmesuyu amacıyla kullanılabilip kullanılmayacağını belirlemek amacıyla Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6’da görüldüğü üzere elde edilen analiz sonuçları TS-266 değerleriyle kıyaslanmıştır. Her bir dönem için değerlendirmeler ayrı ayrı yapılmıştır. Ayrıca çizelgeler içerisinde WHO (1993) tarafından belirlenen değerlerde yer almaktadır.

#### 5.2.1 2002-Kasım ayı içmesuyu kalitesi

Dokuzpınar kaynaklarından 2002-Kasım ayında alınmış numune için yapılmış analizler sonucu elde edilen değerlerin TS-266 içmesuyu standartlarıyla kıyaslanması Çizelge

5.4'de görülmektedir.

Çizelge 5.4 2002-Kasım ayı analiz sonuçları ile TS-266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması

Parametre	TS 266-1997		WHO-1993	Kasım-2002
	Tavs. Edilen Değer	Maks. Değer	Tavs. Edilen Değer	Analiz Sonuçları
Renk (Pt-Co)	1	20	15	Renksiz
Bulanıklık (NTU)	5	25	5	-
Sıcaklık(°C)	12	25	-	11.5
EC ( $\mu S/cm$ )	400	2000	-	166
pH	6.5-8.5	6.5-9.2	6.5-9.95	6.5
Toplam Sertlik (°F)	-	15	10	-
Klorür (mg/l)	25	600	250	-
Nitrit (mg/l)	-	0.1	-	0.0041
Nitrat (mg/l)	25	50	50	2.8210
Amonyum (mg/l)	0.05	0.2	0.2	<b>0.2</b>
Demir (mg/l)	0.05	0.2	0.3	0.0139
Mangan (mg/l)	0.02	0.05	0.1	<b>0.0388</b>
Kalsiyum (mg/l)	100	200	-	-
Magnezyum (mg/l)	30	50	-	-

Bu dönemde sıcaklık parametresi TS-266'ya göre tavsiye edilen 12°C'nin altındadır. Ancak içmeye engel olacak kadar büyük bir fark yoktur. Söz konusu durum mevsimsel bir sonuç olarak açıklanabilir. Diğer bir parametre  $NH_4$  ise 0.2 mg/l değerine sahiptir. Bu değerde TS-266'da tavsiye edilen 0.05 mg/l değerinin üzerinde, ancak 0.2 mg/l maksimum değerindedir. Mangan iyonu miktarı ise, 0.0388 mg/l değeri ile 0.02 mg/l tavsiye edilen değer üzerinde, ancak 0.05 mg/l maksimum değerinin altındadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarına bakıldığında ise, Mangan iyonunun tavsiye edilen değer altında,  $NH_4$  ise tavsiye edilen değerde olduğu görülmektedir. Bu kıyaslamalar sonucunda 2002-Kasım dönemi suyunun içmesuyu olarak kullanılmasına engel olacak herhangi bir durum yoktur. Çünkü hiçbir parametre maksimum sınır değer üzerinde değildir.

### 5.2.2 2003-Nisan ayı içmesuyu kalitesi

Dokuzpınar kaynaklarında 2003-Nisan ayında alınan numune için yapılan analizler sonucu elde edilen değerlerin, TS-266 ve WHO içmesuyu standartlarıyla karşılaştırılması Çizelge 5.5 görülmektedir.



Çizelge 5.5 2003-Nisan ayı analiz sonuçları ile TS-266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması

Parametre	TS 266-1997		WHO-1993	Nisan-2003
	Tavs. Edilen Değer	Maks. Değer	Tavs. Edilen Değer	Analiz Sonuçları
Renk (Pt-Co)	1	20	15	Renksiz
Bulanıklık (NTU)	5	25	5	0.37
Sıcaklık(°C)	12	25	-	12.2
EC ( $\mu S/cm$ )	400	2000	-	178
pH	6.5-8.5	6.5-9.2	6.5-9.95	6.85
Toplam Sertlik (°F)	-	15	10	4
Klorür (mg/l)	25	600	250	<b>32</b>
Nitrit (mg/l)	-	0.1	-	0.0073
Nitrat (mg/l)	25	50	50	4.5136
Amonyum (mg/l)	0.05	0.2	0.2	<b>1.541</b>
Demir (mg/l)	0.05	0.2	0.3	0.016
Mangan (mg/l)	0.02	0.05	0.1	0.0034
Kalsiyum (mg/l)	100	200	-	8
Magnezyum (mg/l)	30	50	-	6

Bu çizelgede de görüldüğü üzere, klorür miktarı 32 mg/l ile TS-266'ya göre tavsiye edilen 25 mg/l' nin üzerinde, ancak 600mg/l maksimum değerinin çok altındadır. Genel olarak 200 mg/l' ye kadar olan klorür miktarı suların içilebilirlik özelliğini etkilemez. WHO'nün değerlerine bakıldığında ise, klorür için tavsiye edilen değer 250 mg/l olduğu görülmektedir.

2003-Nisan ayında sınır değeri aşan en önemli parametre  $NH_4$ 'dür. Çünkü bu döneme ait  $NH_4$  değeri 1.541 mg/l'dir. Bu sonuç TS-266 standartlarına göre maksimum olarak belirlenen 0.2 mg/l değerini bile aşmaktadır. Sular içindeki iyonize olmamış amonyak toksik etkili olabilir, ancak amonyum iyonunun böyle bir etkisi yoktur. Genelde sularda yeni kirlenmenin henüz başlamış olduğuna işaret eder.  $NH_4$  miktarındaki bu fazlalık bir önceki bölümde kıta içi su kaynaklarının sınıflandırılmasında da  $NH_4$ -N olarak kendini göstermiş ve bu nedenle su II. sınıf kaliteli su olarak değerlendirilmiştir. Bunun sebebi, çevredeki yoğun hayvancılık ve gübreleme sonucu, zeminde geçirimsizliğinin fazla olması nedeniyle bu dönemdeki söz konusu kirlenme unsurlarını yeraltı suyuna taşımaları olabilir. Bu durum her ne kadar tavsiye edilen değer üzerinde olmasa da  $NO_3$  parametresindeki artışa da yansımaktadır. Bu dönemdeki diğer tüm parametreler TS-266 (1997) ve WHO (1993) standartlarına uygun olup, içmesuyu olarak kullanıma

engel değildir. Ayrıca sıcaklığın da 2002-Kasım ayına göre artarak 12.2 °C değerini aldığı ve tavsiye edilen değeri sağladığı görülmektedir.

### 5.2.3 2003-Ağustos ayı içmesuyu kalitesi

2003-Ağustos dönemi sonuçları ile TS-266 (1997) ve WHO (1993)' nün belirlediği değerler Çizelge 5.6'da verilmiştir. Bu ayda aynı Nisan döneminde elde edilen sonuçlara benzer değerler elde edilmiştir. Klorür iyonu 30 mg/l değeri ile 25 mg/l olan tavsiye edilen değeri aşmaktadır. Ancak bu suyun içilebilirliğini engellememektedir. NH<sub>4</sub> değeri ise, 3.1242 mg/l değeri ile yine 0.2 mg/l maksimum değerinin çok üzerindedir. Mevsime de bağlı olarak NH<sub>4</sub>'deki bu artış bir kirlenme belirtisi olarak kabul edilebilir.

Çizelge 5.6 2003-Ağustos ayı analiz sonuçları ile TS-266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması

Parametre	TS 266-1997		WHO-1993	Ağustos-2003
	Tavs. Edilen Değer	Maks. Değer	Tavs. Edilen Değer	Analiz Sonuçları
Renk (Pt-Co)	1	20	15	Renksiz
Bulanıklık (NTU)	5	25	5	0.18
Sıcaklık(°C)	12	25	-	12.8
EC ( $\mu s/cm$ )	400	2000	-	152
pH	6.5-8.5	6.5-9.2	6.5-9.95	6.75
Toplam Sertlik (°F)	-	15	10	4
Klorür (mg/l)	25	600	250	30
Nitrit (mg/l)	-	0.1	-	0.0186
Nitrat (mg/l)	25	50	50	3.1942
Amonyum (mg/l)	0.05	0.2	0.2	3.1242
Demir (mg/l)	0.05	0.2	0.3	0.0016
Mangan (mg/l)	0.02	0.05	0.1	0.0479
Kalsiyum (mg/l)	100	200	-	6
Magnezyum (mg/l)	30	50	-	6

Son olarak ise, mangan iyonuna bakılacak olursa, 0.0479 mg/l değeri ile TS-266 standartlarına göre tavsiye edilen 0.02 mg/l değerinin üzerinde, 0.05 mg/l maksimum değerine ise çok yakındır, ancak bu değeri aşmamaktadır. Mangan iyonu yeraltı sularında hemen hemen her zaman bulunur ve içme kullanma sularında sorun yaratır. Mangan iyonunun fazla oluşu insan bünyesinde zararlı etki yapmaz, ancak estetik nedenlerle suların kalitesini olumsuz etkiler. Mangan toprakta genelde mangandioksit halinde bulunur. Bu ise CO<sub>2</sub> yönünden zengin olan yeraltı sularında bile çözünemeyen bir

bileşiktir. Ancak topraktaki anaerobik koşullarda  $MnO_2$ 'ye indirgenerek  $Mn^{+2}$  değerleri bileşiklere dönüşürse  $CO_2$ 'li sularda çözünebilir bir hal alır. Bu dönemdeki diğer tüm parametreler TS-266 (1997) ve WHO (1993) içme suyu standartlarına uygundur.

Her üç ay için elde edilen su kimyası analiz sonuçlarının ortalaması alınarak TS-266 ve WHO standartları ile karşılaştırılması Çizelge 5.7'de verilmiştir. Değerlendirme sonucunda  $NH_4$  parametresi haricinde maksimum değeri aşan parametre yoktur. Diğer tüm parametreler standartlara uygun olup, maksimum değeri aşmamaktadır.

Çizelge 5.7 Analiz sonuçlarının ortalaması ile TS-266 ve WHO standartlarının karşılaştırılması

Parametre	TS 266-1997		WHO-1993	Ortalama
	Tavs. Edilen Değer	Maks. Değer	Tavs. Edilen Değer	Analiz Sonuçları
Renk (Pt-Co)	1	20	15	Renksiz
Bulanıklık (NTU)	5	25	5	0.28
Sıcaklık( $^{\circ}C$ )	12	25	-	12.16
EC ( $\mu S/cm$ )	400	2000	-	165.3
pH	6.5-8.5	6.5-9.2	6.5-9.95	6.7
Toplam Sertlik ( $^{\circ}F$ )	-	15	10	4
Klorür (mg/l)	25	600	250	31
Nitrit (mg/l)	-	0.1	-	0.01
Nitrat (mg/l)	25	50	50	3.5096
Amonyum (mg/l)	0.05	0.2	0.2	1.6217
Demir (mg/l)	0.05	0.2	0.3	0.009
Mangan (mg/l)	0.02	0.05	0.1	0.03
Kalsiyum (mg/l)	100	200	-	7
Magnezyum (mg/l)	30	50	-	6

## **BÖLÜM 6**

### **SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Yapılan çalışmada Kayseri-İncesu-Dokuzpınar yeraltı su kaynağının mevcut su kalitesi, çevresel etkilerin kaynak üzerindeki olumsuz etkisi ve bu etkinin boyutları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve konuyla ilgili öneriler aşağıda sunulmuştur.

#### **6.1 Sonuçlar**

- Dokuzpınar su kaynağından Kasım, Nisan ve Ağustos aylarında alınmış su numuneler için yapılan değerlendirmelere göre kaynakta meydana gelen kirliliğin boyut ve türü mevsimlere bağlı olarak farklılık göstermektedir.

- İzotop analiz sonuçlarına bakılacak olursa; Dokuzpınar kaynağı bir yeraltı soğuk su kaynağı olup, yüksek kotlardaki yağışlardan beslenmektedir. Ayrıca trityum içeriği itibariyle suyun yeraltında çok uzun süre kalmadan yeraltına ulaştığı belirlenmiştir. Burada geçirimsizliği yüksek olan kırık ve çatlaklar yönünden zengin, zeminin de etkisi mevcuttur.

- Kaynakta kirliliğe sebep olan en önemli unsurun bölgede yaygın olarak yapılan hayvancılık ve tarım faaliyetleri olduğu belirlenmiştir. Söz konusu kirliliğin özellikle bu tür faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı 2003-Nisan ve 2003-Ağustos aylarında daha fazla olduğu analiz sonuçlarıyla da desteklenmiştir. Bu iki dönemdeki azotlu bileşiklerin miktarı 2002-Kasım ayına oranla oranla daha fazladır. Bu tür bileşiklerden özellikle  $\text{NO}_3$ 'ün tarımsal kirlenmenin bir belirteci olduğu gerçeği göz önüne alınırsa, Nisan ve Ağustos aylarında bu parametredeki artışın sebebi açıklanabilir. Sonuç itibariyle Dokuzpınar kaynaklarında organik kökenli bir kirlenme söz konusudur.

- Kaynakta meydana gelen kirliliğin oluşmasında diğer önemli bir unsur ise, evsel atık sular ve yöre halkı tarafından su çevresinde kullanılan deterjanlardır. Bu unsurda analiz sonuçlarında  $\text{PO}_4$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$  parametreleri ile desteklenmektedir. Çünkü deterjanların

çoğu fosfat içermektedirler.

- Endüstriyel kirlenmenin belirteci olan ağır metaller açısından bakıldığında ise Dokuzpınar suları için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki sınır değerlerini aşan herhangi bir parametre yoktur.

- Dokuzpınar soğuk su kaynaklarını içme suyu olarak değerlendirildiğinde ise ülkemizde yürürlükte olan TS-266 içme suyu standartları esas alınmıştır. Bunun yanı sıra WHO'nün belirlemiş olduğu içme suyu standartları da mevcuttur. Buna göre 2002-Kasım dönemi değerlerinden amonyum ve mangan tavsiye edilen değer üzerinde ancak maksimum değeri aşmamaktadır. 2003-Nisan ve 2003-Ağustos aylarında ise, amonyum değerleri sırasıyla 1,541 mg/l ve 3,1242 mg/l ile maksimum sınırları aşmaktadır. Bu sonuçlar itibariyle suda içme suyu olarak kullanıma engel olacak bir kirlilik söz konusu olabilir. Çünkü  $NH_4$  suda organik kirlenmenin olduğunun belirtisidir. Mangan iyonu miktarının ise TS-266'ya göre tavsiye edilen değer üzerinde çıkması Dokuzpınar'ın bir yeraltı suyu kaynağı olması ve maksimum değeri aşmaması nedeniyle sakıncalı değildir. Çünkü oksijenden yoksun,  $CO_2$ 'ce zengin yeraltı sularında  $Fe^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$  iyonu bulunabilir.

- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki değerler esas alındığında, elde edilen analiz sonuçlarına göre, en kaliteli su numunesi 2002-Kasım ayına aittir. Bu dönemde  $PO_4-P$  parametresi dışında tüm parametreler I. sınıf kaliteli su değerlerine uygundur. 2003-Nisan ve 2003-Ağustos ayları ise Kasım ayına oranla daha düşük kaliteli sulardır. Bu aylarda özellikle  $NH_4-N$ ,  $NO_2-N$ , ve  $PO_4-P$  parametreleri sınır değerlerini aşmaktadır.

- Söz konusu kaynaklarda sulama suyu amaçlı kullanım açısından sorun yaratacak bir durum olmayıp, sulama amacıyla kullanılabilir.

## 6.2 Öneriler

Dokuzpınar soğuk su kaynaklarında mevcut ve ilerleyen yıllarda meydana gelebilecek kirliliğin önlenmesi için kaynak çevresinde tedbirler alınması gerekmektedir. Suyun mevcut kalitesinin korunması ve kullanım amaçlarına uygun olarak geliştirilmesi için yapılabilecek öneriler şöyledir:

- Yöre halkı tarafından içme suyu olarak kullanılan Dokuzpınar kaynağının beslenme alanı dahilinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen esaslar dikkate alınarak koruma alanları tespit edilmelidir. Belirlenen koruma alanlarının sınırları dahilinde gelecekte yapılacak tüm faaliyetlerin yönetmelikteki esaslara uygun olarak gerçekleştirilmesi önemlidir. Aksi takdirde kaynak sahip olduğu kaliteli değerleri de kaybedebilir.

- Kaynağın çevresinde yaygın olarak yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin doğurabileceği tüm olumsuz etkilerin mümkün olduğunca minimuma indirilmesi ve özellikle tarımsal faaliyetlerde doğal gübreler kullanılması gerekmektedir. Çünkü yapılan tüm analizlerde temel kirlilik kaynağının bu tür faaliyetlerden kaynaklanan bir organik kirlenme olduğu belirlenmiştir. Kaynak çevresinde yer alan hayvan atıklarının ve deterjan kullanımının da kirlilik oluşumuna etkisi büyüktür. Bu nedenle bu konularda da tedbirler alınmalıdır.

- Dokuzpınar ve çevresinde yer alan çok sayıdaki kaynak için önemli diğer bir unsur ise, bölgede yoğun olarak yapılan sanayi faaliyetleridir. Özellikle de Acısu Ovası'nda büyük bir alanda özel bir şirket tarafından yapılan doğal CO<sub>2</sub> gazı işletmesinin açığa çıkan atık sularının hiç bir arıtıma tabi tutulmadan çevredeki akarsulara verilmesi sadece Dokuzpınar kaynakları için değil, o bölgedeki diğer kaynakların kirlenmesinde de önemli bir faktör olabilir. Bu nedenle söz konusu tesisin atık sularının kapalı kanal sistemi ile uzaklaştırılması ve atıksuyun cinsine bağlı olarak bir arıtmadan geçirilmesi gereklidir.

- Daha önceki yıllarda İncesu ilçesinin içme suyunun temin edildiği kaynak olan Dokuzpınar'ın, daha sonradan bırakılıp, İncesu yakınında açılan kuyulardan içmesuyu temini yoluna gidilmesi ise, ilçenin başkanı tarafından debinin yetersizliği, ekonomik nedenler ve suyun depoya basıldığında meydana gelen koku olarak açıklanmıştır. Bu kokunun sebebi ise daha önceden yapılan çalışmalar ve bu çalışma kapsamında belirlenen Fe ve Mn içeriği olabilir. Bunun sebebi bölgenin jeolojik özellikleri olabilir. Bu da yapılacak arıtmayla giderilebilecek bir sorundur.

## KAYNAKLAR

- Afşin, M., Elhatip, H., Dirik, K., Kuşcu, İ., Kavurmacı, M. ve Kurmaç, Y.,2002. *Kayseri-İncesu-Himmetdede ve Dolayındaki Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal ve İzotopik Açından İncelenmesi*. TÜBİTAK Projesi.YDABÇAG-199Y041 (Yayımlanmamış).
- DSİ Genel Müdürlüğü, 2002. *Kayseri Karasaz Ovası Kaynakları Karst Hidrojeolojisi Etüt Raporu*, Ankara.
- Elhatip, H., 2002. *Aksaray İlindeki Su Kaynakları ve Çevre Sorunları*, Aksaray Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Aksaray.
- Erguvanlı, K.ve Yüzer, E., 1984. *Yeraltı Suları Jeolojisi*, İTÜ Maden Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, 234-263.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Daire Başkanlığı İçme Suyu Laboratuvar Şube Müdürlüğü Raporu, 6462 sayılı, Ankara.
- Karpuzcu, M., 1994. *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*, Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 68-111.
- Konaklıoğlu, T., 1981. Yeraltı Suları İzleme Teknikleri, *E.İ.E Bülteni*, Sayı 91-92, 18s.
- Muslu, Y., 1998. *Çevre Mühendisliğinin Esasları*, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 55-87.
- Mutluay, H.ve Demirak, A., 1996. *Su Kimyası*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- Samsunlu, A., 1999. *Çevre Mühendisliği Kimyası*, Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul, 393s.

Sayın, M., Can, D. ve Çifter, C., 1994. *Türkiyede Yağışların Çevresel İzotop İçeriklerinin Belirlenmesi* DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Ankara, Yayın No: İZ-883

Sayın, M., 1987. *Hidrolojide İzotoplar ve Nükleer Teknikler*, DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Adana.

Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği (S.K.K.Y.) 4 Eylül 1988 Tarihli ve 19919 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır, Ankara.

Topbaş, M., Brohi, A. ve Karaman, M., 1998, Çevre Kirliliği, Çevre Bakanlığı Yayınları, 35-61, 105-111, 141-152 s., Ankara.

Uslu, O. ve Türkman, A., 1987. *Su Kirliliği ve Kontrolü*, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi, Ankara, 348s.