

T. C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**DİYARBAKIR KENTİ YERALTI İÇMESUYU
POTANSİYELİ VE KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

Şeyhmus TUMÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI)

123520

DİYARBAKIR
ŞUBAT - 2002

TC
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne
DIYARBAKIR

Bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği
Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı Soyadı

İmza

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ (Danışman) *Namidi*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Resit GERGER *Gerger*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Orhan KAVAK *Kavak*

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

2002
Prof. Dr. H. İbrahim TUTALAR
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Diyarbakır Kenti Yeraltı İçmesuyu Potansiyeli ve Kalitesinin Belirlenmesi “ konulu yüksek lisans tezi çalışmam süresince, tez çalışmamın planlanıp yürütülmesinde değerli bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yakın ilgisi ve teşvikiyle tezimin tamamlanmasını sağlayan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ’ ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezi çalışmalarım sırasında tezin hazırlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım Sayın Arş. Gör. Necati KAYAALP, Arş. Gör. Taha TAŞKIRAN, Arş. Gör. M. Emin ÖNCÜ ve Hasip GÜLSEVER’ e, yakın ilgilerinden dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Orhan KAVAK’a, gerekli analizlerin yapılmasına yardımcı olan DSİ X. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Şube Müdürü Turgay ÇELEBİOĞLU’na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım süresince büyük yardım ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Meles TÜRÜM ve kızkardeşim Asuman TÜRÜM’ e teşekkür ederim.

	<u>sayfa</u>
Teşekkür	i
İçindekiler	ii
Amaç	v
Özet	vi
Summary	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAKLARIN ÖZETİ	3
2.1. Yeraltı Sularının Oluşumu ve Özellikleri	3
2.1.1. Yeraltı Sularının Bakteriolojik Özellikleri	6
2.1.2. Yeraltı Sularının Kimyasal Özellikleri	7
2.2. Elementler ve Çözünürlük Etkenleri	9
2.2.1. Fiziksel Faktörler	10
2.2.2. Kimyasal Faktörler	11
2.3. Sularda İzlenen Bazı Elementler ve Özellikleri	12
2.3.1. Sodyum (Na^+) İyonu	12
2.3.2. Potasyum (K^+) İyonu	12
2.3.3. Kalsiyum (Ca^{++}) İyonu	13
2.3.4. Magnezyum (Mg^{++}) İyonu	13
2.3.5. Karbonat (CO_3^-) ve Bikarbonat (HCO_3^-) İyonları	13
2.3.6. Sülfat (SO_4^-) İyonu	13
2.3.7. Klorür (Cl^-) İyonu	14
2.3.8. Bakır (Cu) İyonu	14
2.4. Kirlilik Unsurlarının Sınıflandırılması	14
2.4.1. Evsel Atıksularla Kirlenme	15
2.4.2. Endüstriyel Atıksularla Kirlenme	15
2.4.3 Tarımsal Faaliyetler Sonucu Kirlenme	16
2.5. Su Kalitesi Kriterleri	17
2.6. Su Kalitesi Standartları	18
2.7. Önceki Çalışmalar	22
3. ÇALIŞMA SAHASININ GENEL ÖZELLİKLERİ	27
3.1. Doğal Coğrafya	27
3.2. Genel İklim Özellikleri	27
3.3. Genel Jeolojik Özellikler	28

3.3.1. Jeolojik Formasyonlar	33
3.3.2. Çalışma Sahasının Hidrojeolojisi ve Su Kimyası	34
3.3.3. Çalışma Sahasının Hidrojeokimyasal Özellikleri	37
3.4. Su Noktaları	37
3.4.1. Yüzeysel Su Noktaları	37
3.4.2. Kuyular	38
3.4.3. Akiferler	38
3.5. Akiferlerin Beslenimi ve Yeraltı suyu Boşalımı	39
3.6. Diyarbakır Kenti Yeraltı İçmesuyu Potansiyeli	42
3.7. Diyarbakır Kenti Gelecekteki Su İhtiyacı	42
4. MATERYAL VE METOT	51
4.1. Materyal	51
4.2. Metot	52
4.2.1. Doğal Suların Sınıflaması	52
4.2.2. İçme Suları Sınıflaması	55
5. BULGULAR	56
5.1. İçmesuyu Havzalarının Anyon- Katyon ve Diğer Parametrelerine Ait Ortalama Veriler	56
5.2. İçmesuyu Havzalarına Ait İstatistiksel Veriler	65
6. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME	68
6.1. Diyarbakır Yeraltı Suyunun Anyon-Katyon ve Diğer Parametrelerinin Yıllık Değişimleri	67
6.2. İstatistiksel Bulguların Değerlendirilmesi	69
6.3. Yeraltı Sularının Piper Sınıflamasına Göre Değerlendirilmesi	70
6.4. Yeraltı Sularının Schoeller Sınıflamasına Göre Değerlendirilmesi	70
6.5. Suların Sanayiide Kullanımı Açısından Değerlendirilmesi	74
6.6. Yeraltı Sularının İçmesuyu Sınıflamasına Göre Değerlendirilmesi	75
6.7. Sulama Suları Sınıflaması	92
6.7.1. A.B.D Diyagramına Göre Değerlendirme	92
6.7.2. Wilcox Diyagramına Göre Değerlendirme	92

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR	98
ÇİZELGE LİSTESİ	100
ŞEKİL LİSTESİ	102
ÖZGEÇMİŞ	104



AMAÇ

Son yıllarda nüfus artışı, endüstri ve tarımın gelişmesi ile kentlerde yaşanan hızlı büyümenin sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirliliği sorunlarından biri de yeraltı suyu kirliliğidir. Yeraltı suyu kirlenmesi; suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin içme, kullanma, endüstri, tarım vs. alanlarda kullanımını sınırlayıcı veya tamamen önleyici bir şekilde değişime uğratılmasıdır.

Bu çalışmada, Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyu kirliliğinin düzeyi, havzalar arası yayılımı, suların oluşum özellikleri, suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin mevsimsel değişimi, kirlenici kaynaklar ile havzaların jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin kirlilik üzerine etkileri ile kentin gelecekteki içmesuyu ihtiyacı ve yeraltı içmesuyu miktarı araştırılarak yeraltı içmesuyunun potansiyeli ve kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sahasında 4 ayrı yeraltı içmesuyu havzasında 8 ay süresince periyodik olarak alınan su numuneleri üzerinde arazide ve laboratuarda analizler yapılmıştır. Analizler sonucu elde edilen bulgular içmesuyu standartlarıyla (TSE, WHO, AT) karşılaştırılarak yeraltı suyu havzalarındaki kuyu sularının içme; sulama ve kullanım suları sınıflamaları (Wilcox, Schoeller, Piper, ABD Tuzluluk vs.) yapılarak tarım ve endüstriyel su olarak kullanılabilirlik yönünden değerlendirilmesine çalışılmıştır. Ayrıca İçmesuyu havzalarındaki kuyulardan alınan su örneklerinde, incelenen parametre değerlerine varyans, korelasyon ve regresyon analizleri uygulanmıştır. Yapılan varyans analizlerinde her parametre için havzalar ve aylar arası fark olup olmadığı, eğer varsa hangi havza ve aylar arası fark olduğu; Korelasyon ve regresyon analizlerinde parametrelerin değişiminin birbirlerinden nasıl etkilendiği ortaya konulmuştur.

İstatistik analizleri BASIC dilinde yazılmış varyans, korelasyon ve regresyon analizi yöntemlerini içeren bilgisayar programları ile yapılmıştır.

Yapılan istatistik incelemeler sonucunda belirli parametreler ile aylar ve havzalarda yapılan denemeler arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir

Çalışmalardan elde edilen bulgular ile karşılaştırmalar yapıldığında Diyarbakır kenti yeraltı içme sularının evsel atıksulardan, endüstriyel atıklar ile tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirlenmeye maruz kaldığı gözlenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİYARBAKIR KENTİ YERALTI İÇMESUYU POTANSİYELİ VE KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Şeyhmus TUMÜR

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2002, Sayfa:104

Bu çalışma, Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyunun kirlilik düzeyi, havzalar arası yayılımı, fiziksel, kimyasal özelliklerinin mevsimsel değişimi, kirlenici kaynaklarla yeraltı suyu kirliliği etkileşimlerini inceleyerek kalitesi ile yeraltı içmesuyu potansiyelini belirlemeye yönelik çalışmaları içermektedir.

Çalışma sahasında 4 ayrı yeraltı içmesuyu havzasında 8 ay süresince periyodik olarak alınan su numuneleri üzerinde arazide ve laboratuarda analizler yapılmıştır. Analizler sonucu elde edilen bulgulara dayanarak yeraltı içmesuyu havzalarındaki kuyu sularının içme, tarım ve endüstriyel olarak kullanımı yönünden değerlendirilmesi yapılmış ve yeraltı su havzalarının kirlenme sebepleri ortaya konulmuştur.

Yeraltı içmesuyu kirliliğinin en yoğun olduğu bölgeler, Merkez ve Gözeli gibi yoğun yerleşim birimleri ile sanayii tesislerinin bulunduğu yerlerdir. Yerleşim alanlarına ve sanayii tesislerine uzak olan havzalarda ise kirlilik daha düşük düzeydedir.

Havzalardaki kuyularda kirlilik miktarının bazı faktör ve özellikler tarafından kontrol edildiği gözlenmiştir. Bunlar kuyu derinliği, filtre seviyeleri, kuyu üzerindeki koruyucu toprak veya kil tabakasının varlığı ve kalınlığı, kuyu çevresindeki kirlenici kaynakların varlığı ve akiferin hidrolik iletkenliği gibi faktör ve özelliklerdir.

Yeraltı suları su kalitesi kriterlerine göre; Çok iyi-iyi sınıftaki sular, az tuzlu, her toprakta her türlü mahsulün sulanmasında sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir az sodyumlu ve köpürmeyen sular olarak tanımlanmaktadır.

Yeraltı içme sularındaki bazı parametrelerin değerleri TSE, WHO, AT' nin içmesuyu standartlarındaki tavsiye edilen değerleri ve izin verilebilecek maksimum değerleri aşmaktadır. Diyarbakır kenti yeraltı sularında içmesuyu standartları açısından en önemli kirlilik, azot ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$), yağ, deterjan, Cu, T.Coli, Fecal Streptokok kirliliğidir.

Diyarbakır kenti yeraltı içme suları evsel atık sulardan, endüstriyel atıklar ile tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirlenmeye maruz kalmıştır. Özellikle yağ konsantrasyonunun

yüksek değerler vermesi petrol üretimi sırasında oluşan üretim suyu kaynaklı kirlenmeden olacağı varsayılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Yeraltı Suları, Su Kirliliği, Su Potansiyeli, Kirlilik Parametreleri, İçmesuyu Kriterleri, Standartlar.



SUMMARY

Master

POTANTIAL AND QUALITY IDENTIFICATION OF DİYARBAKIR GROUNDWATER

Şeyhmus TŪMŪR

Graudate School of Natural and Aplied Sciences Department of Civil Engineering

2002, Page:104

This study pointed out Diyarbakır groundwater contamination level, inter-reservoirs dispersion and changing of physical and chemical features with respect to climate. Moreover, it also aimed to determine the quality of groundwater and drinkwater potential by its relation with contaminant sources.

The field studies were conducted at four different water reservoirs and performed through out 8 months. The collected samples were analysed as in-situ, area and laboratory. Based on the results of the analyses, evaluation made on groundwater usage for drink, agricultural and industrial purpose besides the reasons for groundwater contamination were revealed.

Groundwater contamination level was the highest at the dense settlement and industrial areas such as centrum and Gŷzeli. The contamination level was low at reservoirs far away from these places.

Contamination level was observed as affected by certain factors and characteristics. These are well depth, filtration levels, the protective overburden thickness, contamination sources around a well and hydraulic conductivity of the aquifer.

The classification of the groundwater by water quality criteria is very good-good, little salty and can be used for every type of crops irrigation without generating sodium risk. In addition, it is within the class which does not froth by industrial usage.

Some parameters results exceed the maximum allowable values standards for TSE, WHO and AT. The most important contaminants for Diyarbakır groundwater are nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$), oil, detergent, Copper, T.Coli, F.Strep.

Diyarbakır groundwater was subjected to contaminate by waste water, industrial waste and agricultural works.

KEYWORDS: Groundwater, Water Contamination, Drink-Water Potential, Pollution Parameters, Drinking Water Criteria, Standards.

1.GİRİŞ

Son yıllarda nüfus artışı, endüstri ve tarımın gelişmesi ile kentlerde yaşanan hızlı büyümenin sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirliliği sorunlarından biri de yeraltı suyu kirliliğidir. Yeraltı suyu kirlenmesi; suların fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik özelliklerinin içme, kullanma, endüstri, tarım gibi alanlarda kullanımını sınırlayıcı veya tamamen önleyici bir şekilde değişime uğratılmasıdır. Yeraltı suyu kirliliği, içmesuyunu yeraltı su havzalarından temin eden yerleşim alanlarındaki içmesuyu kalitesini etkilemesi açısından önemlidir.

Gelişmiş ülkelerde yapılan su kalitesi ve korunması ile ilgili çalışmalarda yüzey sularının yanı sıra yeraltı sularının kalite ve kirlenme problemleri de yoğun bir şekilde incelenmeye başlanılmıştır. Bu ülkelerde yapılan yeraltı suyu araştırmaları; yeraltı sularından yararlanmadan çok kalite, kirlenme, kirliliğe karşı koruma ve kirlenmiş yeraltı sularının kalitesinin iyileştirilmesine yöneliktir (Freeze and Cherry, 1979).

Yeraltı suyunun kirlenmesinin önlenmesi ve kirliliğin giderilmesi çalışmaları oldukça zordur. Özellikle yeraltının topoğrafik olarak heterojen yapısı, kirlenmiş yeraltı suyu zonlarının saptanmasını oldukça güçleştirir. Kirlenmenin kolay bir şekilde saptanabilir hale gelmesi oldukça uzun zaman almaktadır. Yeraltı sularının korunmasında karşılaşılan başlıca problemler, kirlenmelerin yeraltı suyu sistemine karışabilecekleri alanların, karışma mekanizmalarının saptanması ve yeraltı suyu sistemi içinde taşınma mekanizmaları ve uzaklığı konusunda güvenilir tahminlerin geliştirilmesidir. Bu bilgiler var olan veya önerilen endüstri, tarım veya şehirleşme çalışmalarının yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkilerini minimuma indirmede temel bilgi olarak gereklidir (Freeze and Cherry, 1979).

Ülkemizde yeraltı sularının kirlenmesi sorunu, önemli boyutlara ulaşmıştır. Endüstriyel ve evsel atıkların arıtılmadan yeraltı suyuna ve beslenme havzalarına boşaltılması, tarımsal gübre ve ilaçlarla kirlenmiş suların yüzeysel ve yeraltı sularına karışması, katı atıkların (çöp alanlarının) çoğunlukla düzensiz ve denetimsiz bir şekilde ve yeterli bir alt yapı oluşturulmayan alanlarda depolanması ve yeraltı sularından aşırı su çekilmesi sonucu yeraltı suları kirlenmeye maruz kalmaktadır.

Diyarbakır kenti GAP ile birlikte hızla büyüyen ve endüstrileşme yönünden ilerleme kaydeden şehirlerimizden biridir. Hızlı büyüme ve endüstrileşmeye bağlı olarak su kullanımı artmış, su gereksinimi ve karşılanması önemli bir sorun teşkil etmiştir. Bu nedenle şehrin ve sanayi tesislerinin içmesuyu gereksinimlerinin kuyularla karşılanması yoluna gidilmiştir.

Mevcut havzalarda yeni kuyular açılmış veya yeni içmesuyu havzaları ile kuyular oluşturulmuştur. Özellikle Diyarbakır kenti atık suları ile sanayi tesislerinin atık suları herhangi bir arıtım işlemine tabi tutulmaksızın havzalara ve kuyulara yakın yerlere boşaltılmaktadır. Yeterli bir kanalizasyon alt yapısının olmaması ve şehirde bulunan çoğu sanayi tesisinin atıklarını fosseptik çukurlarda toplanması ve havzaların bulunduğu yerlerdeki tarımsal faaliyetler sonucunda yeraltı suları kirletilmektedir.

Bu çalışmada, Diyarbakır kenti yeraltı suyu kirliliğinin düzeyi, havzalar arası yayılımı, suların oluşum özellikleri, suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin mevsimsel değişimi, kirlenici kaynaklar ile havzaların jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin kirlilik üzerine etkileri, kentin mevcut ve gelecekteki içmesuyu ihtiyacı ve yeraltı içmesuyu miktarı araştırılarak yeraltı içmesuyunun potansiyeli ve kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

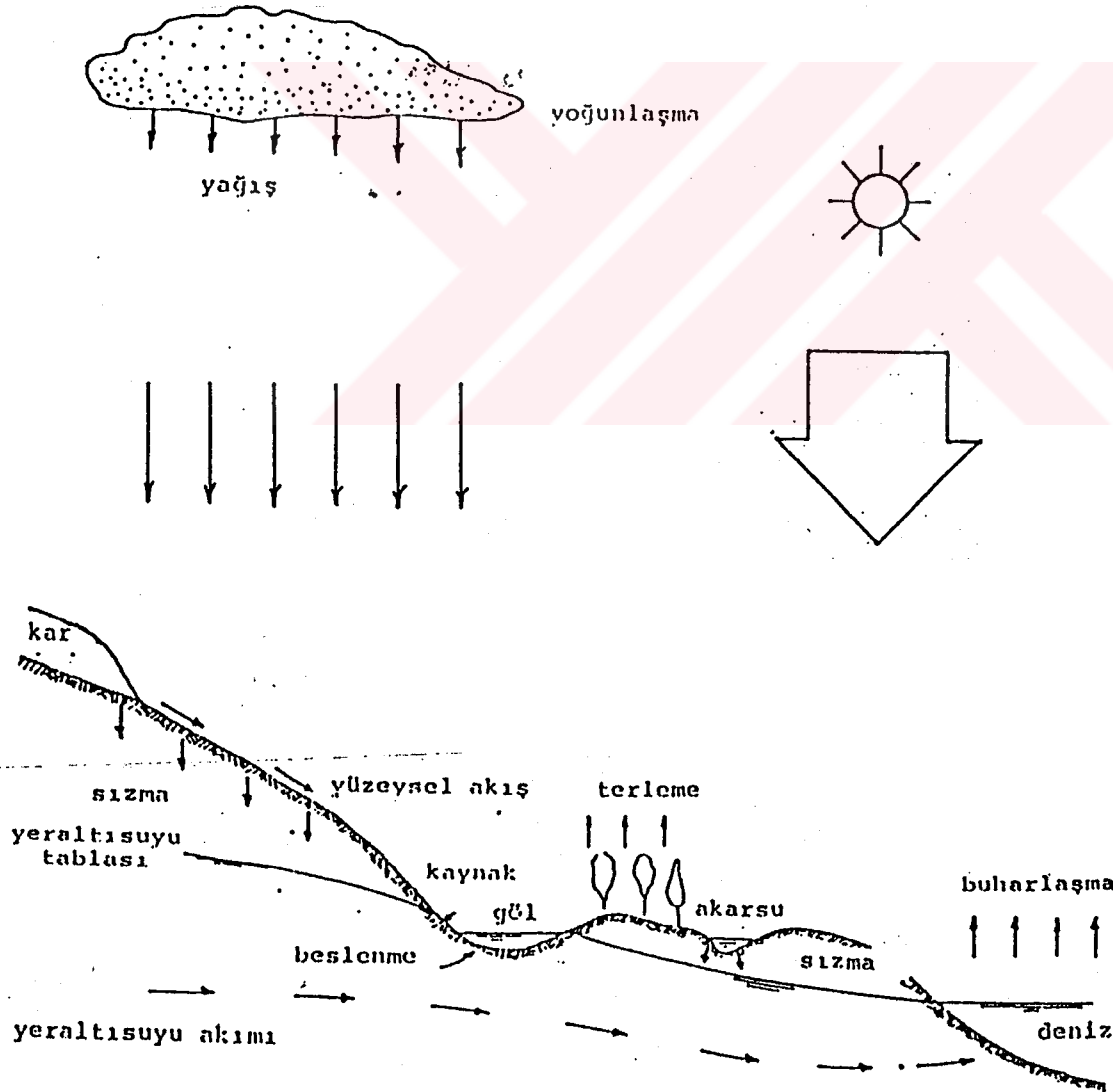


2. KAYNAKLARIN ÖZETİ

2.1. Yeraltı Sularının Oluşumu ve Özellikleri

Yeraltı suları, yüzey suları ve atmosferdeki diğer sular gibi doğal hidrolojik çevrimin bir halkasını oluşturur. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi yeraltı suyunun esas kökeni doğada çeşitli şekillerde çevrim yapan sulardır. Yeraltı sularının, oluşumu, depolanması, yeraltındaki akışı ve tekrar yeryüzüne çıkması hidrolik, hidrolojik ve jeolojik işlemler sonucu ortaya çıkmaktadır (Todd,1973).

Su,yerkabuğu ve atmosfer arasında sıvı, katı ve gaz olmak üzere üç değişik fazda ve devamlı bir çevrim halindedir. Suyun bu çevrim içinde izlediği yol ve geçirdiği değişik safhalar "hidrolojik çevrim" olarak adlandırılır(Şekil 2.1). Yağış, akış ve süzülme hidrolojik çevrimin başlangıcı ve sonu olmayan safhalarını oluşturur.



Şekil 2.1 Hidrolojik Çevrimin Başlıca Elemanları

Karalar ve denizlerden çeşitli şekillerde ve değişik şartlar altında buharlaşan su, atmosfere ulaşarak bulutları meydana getirir. Hava akımlarıyla sürüklenen bulutlar, yeryüzüne yağış şeklinde temiz su bırakırlar. Bu suyun bir kısmı, daha yeryüzüne ulaşmadan bitkilerin yaprakları tarafından tutulur. Bitkilerce tutulan su, tekrar buharlaşarak atmosfere geri döner veya yapraklardan damlayarak toprak yüzeyine ulaşır. Zemine düşen yağışın hemen tümü toprak tarafından emilir. Toprağa sızan sular, önce zeminin üst tabakalarındaki zemin nemliliğini artırır. Bu bölgede toprağı oluşturan tanecikler arasındaki gözeneklerde, su ve hava bulunur. Yerçekimi etkisi ile toprağa sızan sular, zemin içinde aşağıya doğru hareketlerine devam ederler. Perkolasyon olarak adlandırılan bu olay sonunda, sular yeraltı su tabakasına ulaşırlar. Bu tablanın altında toprak suya doygundur ve tüm gözenekler su ile doludur. Bu bölgedeki suyun hareketine "yeraltı suyu akışı", burada bulunan suya da yeraltı suyu denir (Erguvanlı,1984).

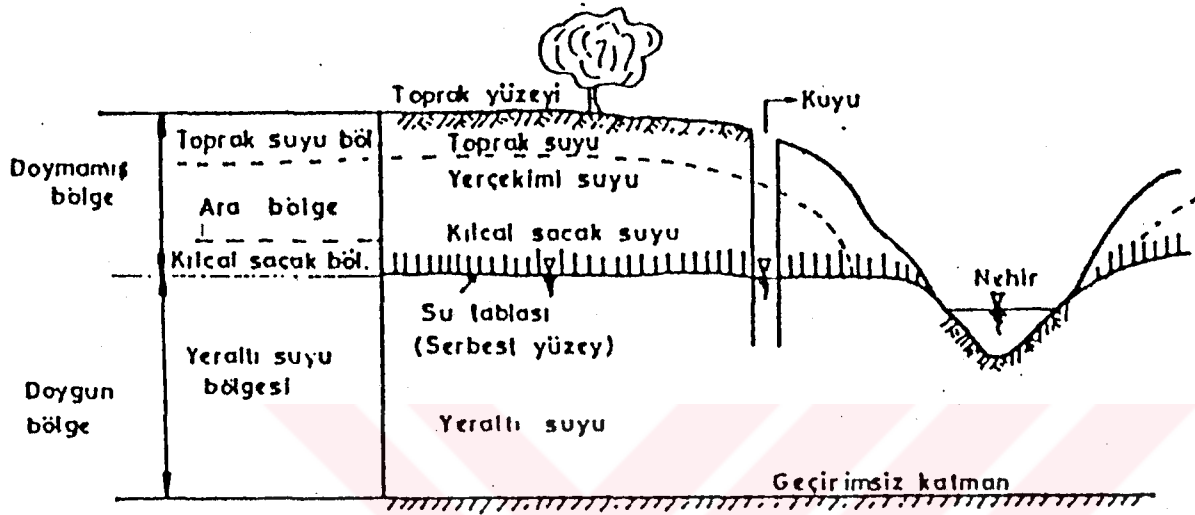
Yeraltı suyu, yeraltında kayalar içindeki birbiri ile ilişkili boşlukların su ile dolu olduğu ve doygunluk zonu adı verilen zon boyunca ortaya çıkan su olarak tanımlanabilir. Yeraltı suları, yer yüzeyinin hemen altında bulunabileceğı gibi, yerin binlerce metre derinliğinde de bulunabilir.

Yeraltı suyunun bulunduğu yüzeyin (yeraltı su tablası) üzerinde kapiler gerilmelere yükselerek tutunduğı bir kapiler saçak vardır. Kapiler bölge hemen hemen doymuş durumda olmakla birlikte su basıncı negatiftir ve kapiler saçanın üst sınır boşlukların %99 oranda su ile doymuş olduğu seviye olarak tanımlanabilir. Yeraltı suyu alttan geçirimsiz bir tabaka ile sınırlanmıştır. Yeraltı su tablasından yukarıda olan akarsular süzülme (İnfiltrasyon) ile yeraltı suyunu beslerler; buna karşılık alçakta olan akarsular ise yeraltı suyu tarafından beslenirler (Bayazıt,1987).

Bilindiğı gibi yeryüzüne düşen yağışların birim zamanda toprağa sızma şiddetine infiltrasyon kapasitesi (süzme) denilmektedir. Süzme kapasitesi, toprağın cinsine, eğimine ve suya olan doygunluğuna bağlıdır. Yağış şiddeti infiltrasyon kapasitesini aştığı zaman, yağışlarla zemine düşen sular önce zemin üzerinde ince bir su tabakası oluşturur, daha sonra da harekete geçerek yüzeysel akışı meydana getirir. Böylece, toprak yüzeyinde başlayan akış giderek akarsulara ve oradan da göl veya denize ulaşır(Uslu,1987).

Yeraltında bulunan suyun bölgeleri Şekil 2.2. 'de şematik olarak şu şekilde tanımlanmıştır. Boşluklarda, suyun hava ile birlikte bulunduğu doymamış bölgedeki suya vadoz (askıda) su denir. Doymamış bölgenin de, üç kısma ayrıldığı görülmektedir. Bitki

köklerinin erişebildiği bölgedeki suya zemin suyu (zemin nemi) denir» Bununla kapiler bölge arasındaki ara bölgede yüzeysel (moleküler) gerilmelerle tanelerin çevresinde tutulan peliküller su ve yerçekimi etkisi altında aşağıya doğru hareket eden su bulunabilir.



Şekil 2.2 Yeraltısuyu ve Bölgeleri

Yeraltındaki suyun kaynağını, hemen tümü ile yağışlardan sonra zemin yüzeyinden sızan su oluşturur. Yerkürenin derinliklerinde oluşup, kayalardaki çatlaklardan yükselen juvenil suyun ve kayaların birleşiminde bulunan suyun yüzdesi çok azdır (Bayazit,1987).Yeraltı sularının kalite ve miktarı lokal iklim ve jeolojik şartların kontrolünde gelişir. Gözeneklerin tamamı ile yeraltı suyuyla doymuş olan suyu bir noktadan diğerine iletebilen ve boşluklarındaki suyun dışarıya alınmasına imkan veren jeolojik formasyonlara ise akifer veya nap denir. Bir jeolojik formasyonun akifer niteliğinde olabilmesi için porozitesinin yeterince yüksek olması ve zemindeki boşluklarının da oldukça büyük olması gerekir. Bu formasyonlar, kum, çakıl tabakaları, tortul kütleler, çatlaklı kayalar, boşluklu kireç taşları olabilir. Böyle bir formasyon, alt taraftan geçirimsiz yada çok az geçirimli bir tabaka ile sınırlanmış olduğu takdirde, su aşağıya doğru hareketine devam edemez ve akiferin boşluklarını doldurarak yeraltı suyunu oluşturur (Erguvanlı,1984).

Akiferlerin en önemli özellikleri suyu depolama, suyu iletme ve su verme yetenekleridir. Akiferin kalınlığı ve cinsi yeraltından su almada önemlidir. En iyi ve bol su veren akiferler, kumlu ve çakıllı tabakalardır. Bunlar akarsuların oluşturduğu alüvyonlardır.

Kireçtaşları da önemli miktarda su taşıyabilir, Akiferler genel olarak basınçlı ve serbest yüzeyli akifer olmak üzere iki gruba ayrılırlar:

Serbest yüzeyli akiferler, yalnız alt yüzeyden geçirimsiz bir tabaka ile sınırlanmış ve yeraltı suyu basınçsız (serbest yüzeyli) olan akiferlerdir. Bu gibi akiferlerde yeraltı suyunun üst sınırı, yeraltı su tablasıdır; bu yüzey boyunca doymuş bölge doymamış bölge ile temas etmektedir. Doymamış bölgenin boşluklarında hava da bulunduğu göre, yeraltı su tablası boyunca atmosfer basıncı mevcuttur. Basınçlı akiferler ise, alt ve üstten geçirimsiz tabakalarla sınırlanmış ve üzerlerinde atmosfer basıncından daha yüksek bir basınç bulunan akiferlerdir. Bunlara artezyende denilir. Atmosfer basıncıyla temasta olan serbest yüzeyleri yoktur. Şayet bu gibi yerlerde, akiferlere kadar inen sondaj yapılırsa zemin içindeki su yükselir (Erguvanlı,1984).

Dünyada kullanılabilir tatlı suyun en önemli kaynaklarından birini teşkil eden yeraltı suları, genellikle uzak rezervuar ve su iletim inşaatlarına gerek duymadan daha az bir masrafla ve daha kısa sürede temin edilirler. Kullanılabilir hale gelmeleri için, genellikle az bir işlem gerekir.

Yeryüzündeki akarsulardan 7500 kat fazla olmaları ve yeryüzündeki sularla sürekli ilişki halinde bulunmaları ise yeraltı sularının önemini artırır. Özellikle kurak bölgelerde, akarsular ancak yeraltından beslendikleri takdirde yazın kurumazlar. Yeraltı sularının iyi bir özelliği de, tabii bir şekilde filtrelenmiş olduklarından genellikle bakterilerden, organik maddelerden, koku ve kötü tatlardan arınmış, kimyasal bileşimi, sıcaklık derecesi fazla değişmeyen iyi kalitede su olmalarıdır (Bayazıt,1987).

Yeraltı sularının iyi kalitede olması, sediment taşımaması ve temizliği (su kirliliği olan bölgeler dışında) gibi karakteristik özellikleri, hem ekonomik faydası bakımından hemde sağlık bakımından önemlidir.

2.1.1. Yeraltı Sularının Bakteriyolojik Özellikleri

Yağış halinde yeryüzüne düşen sular, toprağa düşünceye kadar mikrobiyolojik yönden temiz ve zararsız olarak kabul edilir. Ancak yeryüzüne düşüşünden kullanılmasına kadar her kademedeki kirlenmesi ve hijyenik kriterlerini kaybetmesi mümkündür.

Çevre ve halk sağlığı açısından en önemli ihtiyaç maddesi olan içme ve kullanma sularının, hiç bir zaman steril olması beklenemez. En temiz şehir sularında bile, cm^3 'de 100 kadar bakteri bulunabilir. Daha büyük miktarlarda bakteri içeren sularda insanlar için patojen

mikroorganizmaları içermediği sürece içilebilir. Tifo, kolera ve basilli dizanteri gibi tehlikeli ve bulaşıcı hastalık yapan mikroorganizmaların suda bulunması istenmez. Suyun mikrobiyolojik temizliğinden amaçlanan da, patojen mikroorganizmaları içermemesidir (Töreci,1985).

Yağmur damlası toprağa düşüp yüzeyde akmaya başladıktan sonra toprak taneciklerini içine toplar. Bu toprak tanecikleri de suya karışırken, beraberlerinde getirdikleri birçok bakteri de suya karışır. Bu bakteriler, hayvanların ve sıhhi tuvalet olmayan yerlerde insanların atıklarıyla toprağa verilmektedir. Su toprağa geçerken bu bakteriler toprağın filtrasyon özelliği dolayısıyla kısmen veya tamamen temizlenir Yeraltı suları bu nedenle, mikrobiyolojik açıdan en güvenilir sular arasındadır ve temizlik dereceleri toprağın yapısına, suyun kirlenme derecesine bağlıdır (George,1985).

Bakteri bakımından en güvenli sular, kum ve kumtaşı formasyonlarından süzülen sulardır. Çünkü bu formasyon çok iyi bir filtre temin eder. Kum ne kadar ince olursa, suyun filtre edilmesi o derece iyi olurken çakıllı tabakalardan süzülen sular iyi filtre olamazlar. Kireçtaşı formasyonlarında ise yarık ve çatlaklar bulunabileceğinden bu kayalar mikroplu suların hızla uzak mesafelere taşınmalarına neden olurlar (Erdemgil,1976).

Mikrobiyolojik olarak kaliteli bir yeraltı suyunda, 100 ml 'deki koliform bakteri sayısının 2,2 den az olması ve bu bakterilerin 24 saat agar plakta inkübe edildiğinde, ml 'de 100 'den fazla olmaması istenir (Serdaroğlu,1976).

2.1.2. Yeraltı Sularının Kimyasal Özellikleri

Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde bulunan sular, buralardaki değişik bileşimli kütlelerle temas halindedir. Bu kütlelerin eriyebilme derecelerine göre az ya da çok oranda erimiş madde yeraltı sularına karışır. Erimiş maddelerin miktarı, yeraltı sularının kütlelerle temas süresine, suyun hızına, sıcaklığına, kütlenin cinsine, ortamın pH'sına ve basıncına bağlı olarak değişir. Bazen yeraltı sularına, mağmatik kökenli gazlar da kimyasal elemanlar olarak katılırlar. Böylelikle yeraltı sularındaki erimiş madde miktarı artar (Erguvanlı,1984). En iyi çözücülerden birisi olan su, atmosferden yere kar ya da yağmur olarak düşmesi sırasında atmosferdeki gaz, sıvı ve katıları çözerek bünyesine alır. Suyun atmosferik oksijeni çözmesi onun içilebilme özelliğine büyük katkıda bulunur (Türkman,1981). Ayrıca suya yükseltgen bir özellik kazandırır (Uslu ve ark.1987).

Suyun havadan çözdüğü ikinci bir gaz karbondioksit gazıdır; karbondioksit gazının çözülmesi, suyu asidik yaparak onun daha sonraki hareketi sırasında topraktaki mineralleri çözmesinde büyük rol oynar (Türkman,1984). Bu nedenle yeraltı suları yüzey sularından daha fazla oranda çözülmüş madde içerirler.

Su kimyasal yapısı nedeniyle yeryüzünde bulunan en iyi çözücülerden biridir .İyonize olabilen birçok tuz suda çok iyi çözünebilir. Sular içerisinde ; askıda iyonize , koloidal ve gaz halinde yabancı maddeler bulunduğundan saf halde olamazlar.

Doğal suların farklı kimyasal özelliklere sahip olmaları, kısmen farklı kayaçların üzerinden geçmeleri ile açıklanabilir. Bu durum göz önüne alındığında suların geçtiği ortamlara işaret eden özellikler kazanmış olmasını beklemek olağandır.

Yeraltı sularının başlıca elementlerinden Ca, Mg, Na, K, Cl miktarları yönünden mağmatik kayalar incelendiğinde ($r = \text{meq/l}$ olarak) ultra bazik ve baziklerde $r\text{Mg}^{++} > r\text{Ca}^{++} > r\text{Na}^+ > r\text{K}^+$, nötr (siyenit) kayalarda $r\text{Na}^+ > r\text{K}^+ > r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++}$ veya diyoritlerde $r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++} > r\text{Na}^+ > r\text{K}^+$, asidik kayalarda (granit) $r\text{Na}^+ > r\text{K}^+ > r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++}$ şeklindedir. $r\text{Ca}^{++}/r\text{Mg}^{++}$ oranı, ultra bazik kayalardan asidik kayalara doğru yükselir. $r\text{Na}^+/r\text{K}^+$ oranı, ultra bazik ve bazik kayalardan asidik olanlara oranla daha yüksektir. $r(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/r\text{Na}^+$ oranı genellikle ultra bazik kayalarda asidik kayalara doğru azalır.

Karbonat bileşenleri suda belirli oranda çözülebilirler ve bu da 150 mg/l ile 300 mg/l arasında değişir. Kireçtaşı ve beraberindeki tuzların çözünmesi, kayanın yapısal ve tektonik durumuna bağlıdır. Genellikle kireçtaşları çok az NaCl ve CaSO₄ tuzları içerirler. Bu nedenle kireçtaşlarından gelen sular karbonatça zengin ve Cl⁻,SO₄⁻ iyonlarınca fakirdir. Dolomitlerde $r\text{Mg}^{++}/r\text{Ca}^{++}$ oranı yüksektir.

Yeraltı sularında, yağış ve başka etmenler sebebiyle, yıl içinde değişiklikler gözlenir. Yeraltı suları sıcaklığa, basınca, temas yüzeyi ile süresine, su hacmine, verdikleri gazlara, ortamın pH'ına ve diğer maddelerin çözünme oranına bağlı olarak, geçtikleri kayaların mineraller ile tepkimeye girerek iyonca zenginleşirler.

Yerkabuğunda ortalama ağırlık yüzde dağılımına bakılırsa %47 Oksijen, %27,5 Silis, %8,6 Alüminyum, %5 Demir, %3,5 Kalsiyum, %2,5 Potasyum, %2,5 Sodyum ve %2 Magnezyum belli başlı elementleri meydana getirirler. Diğer elementler %1'den azdır. Buna karşın, yeraltı sularında en çok rastlanan iyonlar Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, HCO₃⁻, SO₄⁻, Cr⁻ iyonlarıdır (Çizelge 2.1). Klorür iyonlarının denizlerde ve yeraltı sularında bol bulunuşuna karşın yerkabuğunda dağılım miktarı çok azdır.

Sıcaklık, sudaki çözünürlüğü genellikle artırır. Ancak gazların suda çözünürlükleri sıcaklıkla ters orantılıdır. CaCO_3 dışında hemen hemen tüm tuzlar, suda sıcaklıkla çözünürlükleri artar. Yeraltı suları CaCO_3 'ca doygundur. Eğer herhangi bir su CaCO_3 'ca olağan doygunlukla veya buna yakın ise (300-400 mg/l) Bikarbonatlı sular sınıfına girer.

Çizelge 2.1 Doğal suların içerdiği maddelerin sınıflandırılması (Uslu ve Türkman, 1987)

Köken	Askıda	Kolloidal	Gaz	İyonize olmamış katı maddeler	Pozitif	Negatif
Mineral topraklar ve kayalardan	Kil, kum ve diğer anorganik topraklar	Kil SiO_2 Fe_2O_3 Al_2O_3 NgO_2	CO_2	İyonize olamamış katı maddeler ve dipoller	Ca^{++} Mg^{++} Na^+ K^+ Fe^+	HCO_3^- Cl^- SO_4^- NO_3^- CO_3^-
Atmosferden			N_2 O_2		H	HCO_3^- SO_4^-
Organik dekompozisyonlardan	Organik topraklar [Humus) organik atıklar	Bitkisel pigmentler organik atıklar	CO_2 NH_3 O_2 N_2 H_2S	Bitkisel pigmentler organik atıklar	Na^+ NH_4^+ H^+	Cl^- HCO_3^- NO_2^- NO_3^- OH^-
Yaşayan organizmalar dan	Balıklar, algler diatomalar	Virüsler, bakteriler, algler ve diatomalar				

2.2. Elementler ve Çözünürlük Etkenleri

Su, çözücülük özelliği sayesinde, geçtiği ortamlardan bünyesine elementler ve parçacıklar katar. Böylece, saf suya göre farklı davranışlar gösteren bir sıvı haline geçer. Elementlerin suda çözünürlükleri basit bir yasa ile tanımlanamaz. Karışık ve farklı kombinasyonlara sahip elementlerin etkisi altındadır. Elementlerin bir kısmı tüm ortamlarda, diğerleri ise özel koşullarda çözünür. Bazısının çözünmesi veya onun çözünmesine etken olan etmen bir diğerinin çökmesine neden olabilir. pH gibi veya sıcaklık gibi herhangi bir parametrenin

değişimi beraberinde diğer parametrelerin değişmesine neden olabilir. Bu sebeple çözünürlük, koşulları farklı ve aynı zamanda karşılıklı etkileri karmaşık bir konudur. Çözünürlük düşünüldüğünde genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik koşullar göz önüne alınır.

2.2.1 Fiziksel Etkenler

Elementlerin doğada bulunuş miktarları, doğal sularda çözünmüş elementlerin yer kabuğundaki miktarına oranları, basınç, sıcaklık, su-mineral dokunak yüzeyi ve süresi, kayaların gözenekliliği ve geçirgenliği, sıvının yapışkanlığı gibi etkenler elementlerin suda çözünürlüğünü denetleyen fiziksel etmenlerdir.

Elementlerin Doğada Bulunuş Nedenleri: Elementlerin yer kabuğunda bulunuş miktarları ile suda bulunan Na, K, Mg ve Ca gibi elementler, suda çözülmüş halde bulunan ana elementleri oluşturur. Rb, Cr ve Be gibi yer kabuğunda varlıkları az olan elementlerin sudaki miktarları azdır. Elementlerin doğal varlıkları, yalnızca kimyasal özellikleri ile ilgili değildir. Ayrıca, doğada en çok bulunan Si, Al, Fe, Mn gibi elementler suda az çözünürler (Şahinci, 1991). Bu elementlerin çözünürlüğünü kontrol eden faktörler vardır. Bunların çözünürlüğüne etki eden en önemli iki faktör; kimyasal ayrışmaya gösterdikleri direnç ve iyon yapma özelliklerinin az olmasıdır. Suyun etkisiyle oluşacak kimyasal ayrışmaya karşı kayalarda, minerallerden minerallere değişiklik görülmektedir. Kısacası yüksek sıcaklıkta oluşan mineraller bozunmaya daha yatkın iken, en son oluşanlar bozunmaya karşı dirençlidir.

Genel olarak, sıcaklık ve basınç, elementlerin suda çözünürlüklerini artırır. Fakat gazların çözünürlüğünü sınırlar. Böylece sıcaklıkla diğer iyonlarda artış görülürken HCO_3^- 'de azalma gözlenir. CaCO_3 dışında hemen bütün tuzların çözünürlüğü sıcaklıkla artar. Basınç, sıcaklığın tersine gazların suda çözülmelerini kolaylaştırır. CaCO_3 çökmesini önler. CO_2 gazının fazla çözünmesi pH değerini azaltırken (asit), tersi pH 'ın yükselmesine (alkali) neden olur (Şahinci, 1991).

Su ile temas halindeki minerallerin boyutları kayacın gözenekliliği, temas süresi, çatlaklı olup olmayışı gibi etmenlerde çözünürlüğü etkileyen diğer fiziksel etkenlerdir. Genellikle yüzeylerde bulunan elementler daha zayıf bağlarla bağlı olduğu için; kristaller ne kadar küçük, kayaç ne kadar çatlaklı, gözenekli ve geçirgen ise çözünürlük o kadar artacaktır. Ayrıca bazı minerallerin polarite özelliği nedeniyle kimyasal tepkimeye girmeden bazı elementleri yüzeylerinde tutmaları çözünürlüğü etkiler.

Çizelge 2. 2 Elementlerin Yeraltı Sularında Çözünmüş Miktarları (Davis ve Dewiest,1966)

Yeraltı sularında bulunan çözünmüş maddeler (1-1000 mg/l)			
Sodyum Na		Bikarbonat	HCO ₃
Kalsiyum Ca		Sülfat	SO ₄
Magnezyum Mg		Klorür	Cl
		Silisyumdioksit	SiO ₂
Yeraltı sularında bulunan ikincil çözünmüş maddeler (0.01-10 mg/l)			
Demir Fe		Karbonat	CO ₃
Stronsiyum Sr		Nitrat	NO ₃
Potasyum K		Florür	F
		Bor	B
Yeraltı sularında bulunan üçüncül (az) çözünmüş maddeler(1.10 ⁻⁵ -0.1mg/l)			
Antimon Sb	Bakır Cu	Fosfat	PO ₄
Alüminyum Al	Germanyum Ge	Rubidyum Rb	
Arsenik As	lyot I	Selenyum Se	
Baryum Ba	Kurşun Pb	Titanyum Ti	
Brom Br	Lityum Li	Uranyum U	
Kadmiyum Cd	Manganez Mn	Vanadyum V	
Krom Cr	Molibden Mo	Çinko Zn	
Kobalt Co	Nikel Ni		
Yeraltı sularında eser miktarda çözünmüş maddeler (0.001 mg/l)			
Berilyum Be	Lantanyum La	Talliyum Tl	
Bizmut Bi	Neodyum Nd	Toryum Th	
Seryum Ce	Platin Pt	Kalay Sn	
Sezyum Cs	Radyum Ra	Tungsten Tu	
Galyum Ga	Rutenyum Rh	Yiteriyum Yb	
Altın Au	Skondiyen Sc	Yiteryum Y	
İndiyum In	Gümüş Ag	Zirkonyum Zr	

2.2.2 Kimyasal Etkenler

Kimyasal etmenler iyonlaşma enerjisi, iyon yarıçapları değerleri (valans) için potansiyellerinden doğan özellikte olabileceği gibi; pH, redoks (Eh), elementlerin göçü, karşılıklı etkileri, iyon etkileri, yenileme süreleri, serbest mineral yayma özellikleri, minerallerin kimyasal ayrışmaya karşı dirençleri, suda çözünmüş gazlar gibi elementler olabilir.

2.3. Sularda İzlenen Bazı Elementler ve Özellikler

Doğal sularda bulunan elementler, genellikle birincil (1000-1mg/l), ikincil (10-0.01 mg/l), üçüncül (az) (1-1E-5 mg/l) ve eser (1E-3 mg/l'den az) elementler diye sınıflanabilir (Şahinci, 1991).

2.3.1 Sodyum (Na⁺) İyonu

Doğal sularda birincil olarak bulunan Na, alkali metaller (Li, K, Rb, Cs) arasında yer kabuğunda en fazla bulunandır. Evaporitlerin ve sodyum içeren minerallerin yağış suları tarafından kimyasal olarak bozunmaları ile doğal sulara karışırlar. Bunlar Na içeren feldispat, plajyoklaz, nefelin, sodalit, stilbit, natrolit, jadelit ve benzeri minerallerdir (Şahinci, 1991).

Bütün yeraltı sularında az veya çok Na bulunur. Çünkü bütün Na bileşikleri suda kolayca çözünürler. Suya tuzlu bir tad verdiği için içme sularında 200 mg/l'ten fazla Na istenmez. Na'un sulama açısından önemi, toprak ve bitkiler üzerinde gösterdiği zararlı etkiler yüzündendir. Genellikle tek değerli katyonlar, çift değerlilere göre, bitkiler üzerinde daha fazla zehirleyici etki gösterirler (Doğan, 1981).

Ayrıca buzlu yollara atılan tuzlar, tarımsal gübreler, lağım ve fabrika atık suları, suları dezenfekte etmek, sertliğini düşürmek, çürütmeyi ve bazı çöktürmeleri önlemek için kullanılan NaF, Na₂SiF₆, NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃ gibi kimyasal maddelerin kullanılması Na miktarını artırırken, toprak, zemin, kil mineralleri şeyl ve zeolitlerdeki iyon değişiminde Na/K oranı azalır (Şahinci, 1991).

2.3.2. Potasyum (K⁺) İyonu

Doğal sularda ikincil olarak bulunan K⁺, yer kabuğunda yaklaşık Na⁺ ile eşit miktarda bulunurken; K⁺ içeren silikat alüminosilikat minerallerinin bozunması, Na içerenlere oranla oldukça zordur (Biotit, Muskovit, Nefelin, Feldispat). Ayrıca, bozunmuş K⁺ 'un çok büyük miktarı kil mineralleri ve bitkiler tarafından güçlü bir şekilde soğurulur. İyon yarıçapı oldukça büyük olan K⁺, eksi yüklü kolloidler tarafından soğurulur ve tekrar iyon değişimine uğramaz.

2.3.3. Kalsiyum (Ca^{++}) İyonu

Ca^{++} , ağırlık yüzdesine göre yer kabuğunda O, Si, Al ve Fe'den sonra besinci (%3.5) tatlı sularda ise üçüncü sırayı alır (Şahinci, 1991). Klark değerinin 2.06 olması, kimyasal etkinliğinin yüksek olmasına sebeptir. Alkali toprak elementi olan Ca^{++} mineralleri; silikatlar, fosfatlar, arsenatlar, karbonatlar, boratlar ve sülfatlardır. İyon yarıçapının büyük olması nedeniyle oksijenin Al ve Mg ile yaptığı tetraeder ve oktaederlerin yapılarına ve kil minerallerinin yapısına giremez. Bu yüzden su ortamına daha kolay göç eder. Kil mineralleri ve eksi yüklü kolloidler Ca^{++} 'u soğururlar.

2.3.4. Magnezyum (Mg^{++}) İyonu

Mg^{++} yer kabuğu ve tatlı sularda sekizinci sıradadır. Mg^{++} iyonlarının çapı, Na^+ ve Ca^{++} iyonlarının çapından küçük olmasına karşın, özgül elektriksel yükünün yüksekliği nedeniyle, su molekülleri tarafından hidratlaşması güçtür (Şahinci, 1991). Diğer iki değerli katyonlar gibi, eksi yüklü kolloidal tarafından soğurulurlar ve kolayca kolloidleri terk etmezler. Doğal sularda Mg^{++} kaynakları, dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biotit, hornblend, ojit) ve metamorfit kayalarda bulunan (serpantin, talk, diyopsit, tremolit) mineralleridir.

2.3.5. Karbonat (CO_3^-) ve Bikarbonat (HCO_3^-) İyonlar

Suda çözünen CO_2 gazı HCO_3^- ve hidrojeolojik devir arasında bir bağ olduğu anlaşılır (Şahinci, 1991). Sularda alkalinitlerin başlıca kaynağı HCO_3^- ve CO_3^- iyonlarıdır. PH 'ı 8.2 'nin üzerinde olan bikarbonat iyonları karbonat ve hidrojen iyonları ayırır. Bu yüzden pH 8.2 'nin üzerinde CO_3^- egemen iken bu değer altında HCO_3^- egemen iyon haline gelir.

2.3.6. Sülfat (SO_4^-) İyonu

Sülfat iyonunun yarıçapı oldukça büyüktür. 2.95 Å olan enerji oranı 0.068 ile kristal kafes enerjisinin 0.34 gibi düşük olması nedeni ile SO_4^- iyonu çok hareketli ve önemlidir. Fe, Zn, Ni, Ca, Cd, Cu gibi elementlerin SO_4^- ları suda kolayca çözüldüğü halde; Ca, Sr, Ba, Ra ve Pb elementlerinin SO_4^- ları suda çok az çözünür. Bu özellikler, doğal suların jeokimyasında önemlidir. SO_4^- iyonunun başlıca kaynakları volkanlar, oksitlenmiş piritler, jips ve anhidritler organik maddelerin bozunumu, fabrika ve konutlarda yakılan petrol, kömürdür.

2.3.7. Klorür (Cl⁻) İyonu

Cl⁻ ait olduğu halojen grubu elementlere (Cl, Br, F, I) oranla doğuda daha fazla bulunur. Cl⁻ 'ün tüm tuzları pH'tan bağımsız olarak kolayca çözünürler. Genel olarak kayalardan doğal sulara taşınan Cl⁻ önemsizdir, ana kaynak evaporittir. Tüm doğal sularda bulunabilirler. Fakat denizlerde daha fazla bulunur. Negatifi yükü sebebiyle kolloidler tarafından tutulmazlar. Toprakta birikme eğiliminde olmalarına karşın sulamanın yoğun olduğu yerlerde çözünerek sulara karışırlar (Şahinci, 1991).

2.3.8. Bakır (Cu) İyonu

Doğal sularda bulunmayan bu metal , suya endüstriyel atıklardan veya su tesisatlarından gelir. Bakır miktarının 1mg/l üzerinde olması hali genel olarak suyun lezzeti açısından istenmeyen bir durumdur.

2.4. Kirlilik Unsurlarının Sınıflandırılması

Su kaynaklarının kirlenmesi, hidrolojik döngünün herhangi bir aşamasında başlayabilir ve suyun doğal dolaşımının tümünü ilgilendirir. Örneğin atmosferin üst katmanlarındaki nükleer patlamalardan kaynaklanan radyoaktif maddelerin oluşturduğu kirlilik, atmosferdeki toz vb. zerrecikler ile azot ve kükürt içeren endüstri gazlarının oluşturduğu asit yağmurlar suyun yeryüzüne kirlenmiş olarak düşmesinin en önemli ve en bilinen örnekleridir. Yeryüzüne inen su oluşturduğu dere, çay, nehir vs halinde yatağı boyunca akarken veya topraktan sızarak yeraltı su kaynaklarını oluştururken, devamlı temas halinde olduğu toprak materyalini eritme yoluyla bünyesine aldığı tuzlardan ve boşaltılan katı ve sıvı atıklardan önemli ölçüde kirlenir. Daha sonra bu suların bir kısmı yeraltı su kaynaklarına, bir kısmı da deniz, göl, baraj gibi yüzeysel su kaynaklarına taşınarak kirlenmelerine neden olurlar.

Kirletici maddeler, daha çok insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkar. Evsel ve endüstriyel atıklar, enerji üretimi, ulaşım ve tarımsal faaliyetler, son otuz yıldan bu yana su kaynaklarını çok hızlı biçimde kirletmektedir.

Yeraltı su kaynakları evsel, endüstriyel atık sularla ve tarımsal faaliyetler sonucunda kirletilmektedir (Tuncay, 1994).

2.4.1. Evsel Atık Sularla Kirlenme

Endüstride ve evlerde kullanılan sabun ve deterjanın hammaddeleri değişik yağ asitlerinin sodyum ve potasyum tuzlarıdır. Düz zincirli olmayan deterjanlar alıcı ortamlarda ayrışmaya uğramamakta ve su ortamlarında belirmektedir. Yeraltı sularında deterjan kirliliğinin başlıca kaynağı kanalizasyon ve evsel atık sulardır. 1960'lı yıllara kadar deterjan yapımında biyolojik olarak parçalanamayan Benzen Sülfonat'lar (APS) kullanılmıştır. Bu tarihten sonra ise biyolojik olarak parçalanabilen Linear Alkil Sülfonat (LAS) kullanılmış ve böylece deterjan kirliliği büyük ölçüde azalmıştır.

Türkiye'de ise parçalanamayan Benzen Sülfonatların kullanılmasına halen devam edilmektedir. Türkiye'de yapılan çalışmalar, yöresel olarak içme sularında Dünya Sağlık Örgütüncü saptanan tehlikeli sınırın 140 katına ulaşan miktarlarda deterjan bulunduğunu ortaya koymuştur. Sulardaki Linear Alkil Sülfonat (LAS) %90'ı biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Ancak deterjanlardaki fosfat, sularda yosunlaşmaya sebep olmaktadır (Doğan, 1981).

Genellikle evsel atık suların organik bileşikler ve deterjan niteliğinde olmaları nedeniyle, aşırı miktarlarda deşarj edildikleri sularda, mikroorganizmalar tarafından zararsız hale getirilirler. Bu olaya "Mineralizasyon", diğer bir deyişle "Kendi Kendini Temizleme" denir. Fazla oksijen tüketimine yol açan mikroorganizma faaliyeti sonucu ortamın oksijeni azalır ve belirli bir sınırın altına düşerek, sudaki canlıların hayatı tehlikeye girer. Tam anaerobik koşullar geçerli olmasa bile organik maddelerin ayrışması sonucu artan azot ve fosfor bileşikleri, sudaki fotosentez ve alg üremesini hızlandırır. Ötrofikasyon adı verilen bu aşın alg çoğalması, sudaki ekolojik döngüyü bozar. Artan organik madde de su kirliliğinin artmasına neden olur (Tuncay, 1994).

2.4.2. Endüstriyel Atık Sularla Kirlenme

Son yıllarda endüstriyel atıksularla kirlenme önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu kirlenmenin kontrolü için Türkiye'de de önemli yasal düzenlemeler yapılmaktadır ve 1991 yılından itibaren bu görev "Çevre Bakanlığı" adı ile kurulan yeni bir bakanlık tarafından yürütülmektedir. Suyun endüstri kuruluşları için önemi yadsınamayan bir gerçektir. Kimi zaman üretimde hammadde, kimi zaman taşıyıcı ortam, kimi zaman soğutma veya ısıtma ortamı ama genel olarak alıcı ortamdır. Bu yüzden dünyanın her yerindeki su kaynakları endüstrileşme için en uygun alanlar olmuşlardır.

Endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık sular yasal düzenleme ve yönetmeliklere rağmen çoğunlukla herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmaksızın akarsu, göl, deniz, baraj ve

yeraltı su kaynaklarına bırakılmalıdır. Bu şekilde alıcı ortamlara bırakılan atık sular, bu ortamların fiziksel, kimyasal, fizyolojik, biyolojik ve radyoaktif olarak kirlenmesine neden olur.

Çıkan bu sıcak sular akarsu, göl ve yeraltı su kaynaklarının sıcaklığını yükselttiğinden, suların ekolojik dengesini bozar. Gelişmiş ülkeler bu sıcak suları, evler, işyerleri, yüzme havuzları ve seraların ısıtılmasında kullanarak önemli ölçüde yararlı hale getirmektedirler.

2.4.3. Tarımsal Faaliyetler Sonucu Kirlenme

Tarımsal uygulamalar ve gübre kullanımı sonucunda topraklardan yıkanan azot, fosfor ve potasyumlu bileşikler de özellikle yüzey suları ve drenaj suları ile taşınarak yeraltı suları, göl, baraj, deniz vs. gibi su kaynaklarını kirletmektedir.

Özellikle yüksek verim ve kaliteli ürün yetiştirme amacına dönük olarak getirilen gübre kullanımını özendirici olan uygulamalar, bilinçsiz ve toprak analizlerine dayalı olmayan gübre tüketimini arttırmış ve özellikle fosfor kirliliği tehlikeli boyutlara ulaşmıştır.

Yeraltı sularına azotlu gübrelerden karışan nitrat, azotun en son oksidasyon ürünüdür. Sonradan parçalanmayan ve absorbe edilemeyen nitrat özellikle süt çocuklarında "Mavi Hastalığa" yol açmaktadır (Doğan, 1981).

İçme ve kullanma sularında 45 mg/l 'den fazla nitrat istenmez. Yeraltı suyunda rastlanan nitrata şu kaynaklar sebep olabilir.

- a) Azotlu ve organik bileşiklerin oksitlenmesi,
- b) Azotlu gübreler,
- c) Atmosferik azot (yağışla atmosferden çözülen bakterilerce bitki köklerinde oluşturulan azot),
- d) Kanalizasyon ve sanayi atıkları,
- e) Jeolojik birikimler.

Bunlardan ilk dördü özellikle yüzeye yakın yeraltı sularındaki azotlu bileşiklerin kaynağıdır. Yüzeye yakın bölgelerdeki azotun çoğu bitkiler tarafından kullanılır. Bir kısmı denitrifikasyonla atmosfere geri döner, bir kısmı da yeraltı suyuna karışır. Ancak azot miktarı gereğinden fazla ise (azot devri dengesi tek taraflı bozulmuş ise) yeraltı suyundaki azot miktarı artabilir. Özellikle sığ kuyularda çok yüksek nitrat konsantrasyonları bu şekilde meydana gelir.

Ayrıca ürünü koruma amacına dönük, hastalık ve zararlılarla savaşma yöntemleri ve pestisid çeşitlerindeki artış da, günümüzde tarımsal uygulamalardan kaynaklanan çok önemli bir kirlenme biçimidir.

2.5 Su Kalitesi Kriterleri

Su kalitesi kriterleri, sulara bulunabilecek çeşitli kirletici unsurların insan ve canlı yaşamı üzerindeki etkilerini hangi konsantrasyonlarda ve hangi koşullar altında ve zararların ne olabileceğini belirleyen bilgilerdir (Uslu ve ark, 1987).

Su kalitesinin önemli bir kriteri oksidasyon veya redüksiyon kapasitesidir (Moore ve Moore, 1976). Oksijen konsantrasyonunun belirli sınırlar altına düşmesi; sudaki mikroorganizmalar, bitkiler ve balıkların oluşturduğu sağlıklı aerobik madde çevrimlerinin yok olmasına ve sonuç olarak ta suyun doğal arıtma olanaklarının büyük ölçüde ortadan kalkmasına neden olur.

Sularda doğal arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmalar oksijeni de kullanılarak organik maddeleri parçalar ve sulara organik maddeleri zararsız hale getirirler. Organik maddeler + oksijen \rightarrow $CO_2 + H_2O +$ Diğer kararlı son ürünler (NO_3^- , SO_4^- , PO_4^-)

Fakat su ortamındaki oksijen derişimi ortama verilen aşırı organik maddelerin parçalanması sırasında canlı yaşamı için gerekli sınırın altına düşebilir. Bu durumda tüm aerobik yaşam durur, bunun yerine oksijensiz ortamda yaşayabilen organizmalar alır. Bunlar organik malzemeleri tüketirken zararlı ve kokulu gaz çıkışına neden olurlar.

Organik maddeler \rightarrow $CO_2 + CH_4 +$ Diğer yan kararlı son ürünler (NH_3 , H_2S)

Bu tür ortamlarda balık gibi canlıların yaşamı mümkün olmadığı gibi, oksijensiz sular içme ve kullanma suyu sağlanması, reaksiyon gibi işlemlerde uygun değildir (Uslu ve ark, 1987). Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD) ise, sudaki organik maddenin oksidasyonu için gerekli oksijen miktarıdır. Bunun bulunması su ortamına ne kadar ekstra oksijen getirdiğini ortaya çıkarır.

Suda, organik maddenin parçalanması sırasında oksijen tüketilmektedir. Tüketilen bu oksijenin yeniden kazanılması, yüzeysel sulara oldukça yavaş olurken, yeraltı sularında bu hiç mümkün olmamaktadır. Suda bulunan organik madde konsantrasyonu reaksiyonlarda tabana çökme eğiliminde olduğu için, azot ve fosforu birlikte kullanan canlıları sınırlayıcı bir özelliğe de sahiptir.

Su kütlelerine fosfor doğal kaynakların dışında gübrelerden, tarım ilaçlarından, sentetik deterjanların ve besin maddelerinin atıklarından karışmaktadır. Çeşitli bileşikler tarafından bölüşülmüş bir karakteristiğe dayanan temiz suyun kalitesi ile ilgili birkaç genel kriter vardır. Tek tek bileşiklerin analizlerinden ortaya çıkacak veriyi veren bu karakteristiklerden de en iyi bilineni pH'tır. Tabii olarak suyun pH'ı birçok durumlarda 6 ile 9 arasındadır. Bazlık, doğal suyun asidini nötrleştirme kapasitesini gösterir.

Doğal suda pH çok önemlidir. Çünkü birçok maddenin kimyasal formu ve çözünürlüğünü tespit eder. Örneğin birçok maddenin hidroksitleri suda çözünmezler. pH'ı

yüksek sularda çok az metal bulunabilir (Moore ve Moore, 1976). Metal iyonlarının çözünürlüğü pH düşüştüyle artar. Sıcaklık sularda yaşam formlarını etkilemesi, çözünürlük oranlarına etki etmesi, kullanım için uygunlukta göz önüne alınması açısından oldukça önemli bir faktördür. Isı artışı bazı elementlerin çözünürlüğünü artırmasına karşın, çökelme verimini artırdığı için doğal bir artırıcı olarak da etkisini gösterir.

2.6. Su Kalitesi Standartları

Genel olarak sular ve kirlenmiş sular fiziksel ve kimyasal özellikleri ile iki kısımda incelenir. Sıcaklık, tat, koku, renk, bulanıklık, katı maddeler, elektriksel iletkenlik, radyoaktivite, özgül ağırlık, viskozite gibi fiziksel özellikleri belirleyen parametreleri ölçmek zor değildir. PH, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli,alkalinite, asitlik, sertlik, çözülmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, nitrojen miktarı, klorür miktarı gibi kimyasal özellikleri belirleyen parametreleri ölçmek ise düzenek gerektirir. Bu amaçla, parametrelerin ölçülen değerleri, çeşitli su sınıflarına göre standartlarda belirtilen değerlerle karşılaştırmaları yapılarak su kalitesi hakkında fikir yürütülmesine çalışılır.

Su kirliliğini önlemek için devlet tarafından yapılacak müdahalelerde, ilk akla gelen girişim, kirlilik standartlarının belirlenmesidir. Standart belirlemede amaç, su ortamlarında çeşitli kirletici unsurların derişimleri için üst limitlerin saptanmasıdır. Bu standartlar genel olarak suyun bulunduğu ortama, kullanıma, kirliliğe göre belirlenebilir.

Dünya içme ve alıcı ortam sularıyla ilgili çalışmalar yapan ve bu konuda standart geliştiren başlıca kuruluşlar:

- a) Amerika Halk Sağlığı Servisi (USPHS)
- b) Amerika Su İşleri Birliği (AWWA)
- c) Su Kirliliği Kontrol Birliği (WPCF)
- d) Dünya Halk Sağlığı Organizasyonu, Avrupa (WHO-E)
- e) Dünya Halk Sağlığı Organizasyonu, Uluslararası (WHO-I)

Su kirliliği kontrolünün etkin bir şekilde yürütülebilmesi için, öncelikle tüm suların kullanım amaçlarına göre sınıflamalarının yapılması ve bu sınıflamaya göre kirlilik sınırlarının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla 1988 tarihli 19919 sayılı Resmi Gazetedeği yönetmeliğin Bölüm 3 ve 12. maddesi yeraltı sularını; kalite parametrelerine göre 3 sınıfa ayırmaktadır (Çizelge 2.3).

Sınıf YAS I Yüksek Kaliteli Yeraltı Suları

Bu sınıf sular, içme suyu temini ve gıda sanayii dahil diğer her türlü kullanım amacına uygun sulardır. Yalnız içme suyu temininde uygun bir dezenfeksiyon gerekir. Sınıf I yüzeysel sulara ait kalite parametreleri ve sınıf değerleri I. sınıf yeraltı suları için kullanılır.

Sınıf YAS II Orta Kaliteli Yeraltı Suları

Bu sınıf sular uygun bir arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilir. Bu sular tarımsal sulama, hayvan sulama suyu veya sanayiide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine tabii tutulmadan kullanılabilir. Sınıf II yüzeysel sulara ait kalite parametreleri II. sınıf yeraltı suları için kullanılır. Fakat demir, amonyum, mangan ve çözünmüş oksijen için konulmuş sınırlar bu sınıf sular için gerekli değildir.

Sınıf YAS III Düşük Kaliteli Yeraltı Suları

I ve II sınıf yeraltı sularına göre daha kötü özellikler taşıyan sulardır. Bu suların kullanım yeri ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir.



Çizelge 2.3 Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Genel Kalite Kriterleri (Resmi Gazete, 1988)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler				
1. Sıcaklık	5	5	0	30
2. pH	.5-8.5	.5-8.5	.0-9.0	0-90 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)				<3
4. Pksijen doygunluğu (%)	0	0	0	<40
5. Klorür iyonu (mg/Cl/L)	5	00	00	<400
6. Sülfat iyonu (SO ₄ /L)	00	00	00	<400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ -N/L)	.2			<2
8. Nitrat azotu (mg NO ₃ N/L)	0.002	.001	0.05	<0.05
9. Nitrit azotu (mg NO ₃ N/L)		0	20	<20
10. Toplam fosfor (mg PO ₄ P/L)	0.02	0.16	0.65	0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	500	5000	<5000
12. Renk (pt-Co birimi)		50	3000	<3000
13. Sodyum (mg Na/L)	25	25	250	<250
B. Organik Parametreler				
1. COD(mg/L)	25	50	70	70
2. BOD(mg/L)	4	8	20	20
3. Organik karbon (mg/L)	1	8	12	12
4. Toplam kjeldahi-azotu (mg/L)	0.5	.5	5	5
5. Emülsifiye yağ ve Gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	0.5
6. Metilen mavimsi aktif maddeleri (MBAS mg/L)	0.05	0.2	1	1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri 0.1 (mg/L)	0.02	1	0.5	0.5
9. Toplam postisid (mg/L) 0.5/	0.001	0.01	0.1	0.1
C. inorganik Kirlenme Parametreleri				
1. Civa(ugHg/L)	0.1	0.5	2	2
2. Kadmiyum (ug Cd/L)	3	5	10	10
3. Kurşun (ug Pb/L)	10	20	50	50
4. Arsenik (ug As/L)	20	50	100	100
5. Bakır (ug Cu/L)	20	50	200	200
6. Krom (toplam) (ug Cr/L)	20	50	200	200
7. Krom (ug Cr ⁺⁶ /L)	ölçülemez	20	50	50
8. Kobalt (ug Co/L)	10	20	200	200
9. Nikel (ug Ni/L)	10	50	200	200
10. Çinko (ugZn/L)	20	500	2000 100	2000
11. Siyanür (toplam) (ug Cl/L)	1000	1500	2000	2000
12. Florür(ugF/L)	10	10	50	50
13. Serbest klor (ugCl ₂ /L)	2	2	10	10
14. Sülfür (ug S/L)	300		5000	5000
15. Demir (ugFe/L)	100		3000	3000
16. Mangan (ug Mn/L)	1000		1000	1000
17. Bor (ug B/L):	10	10	20	20
18. Selenyum (ug Se/L)	1000	1000	2000	200
19. Baryum (ug Ba/L)	0.3	0.3	1	1
20. Alüminyum (ug Al/L)				
21. Radyoaktivite (beherel)				
Alfa- aktivitesi	1	10	10	100
Beta-akt i vitesi	10	100	100	100
D. Bakteriyolojik Parametreler				
1. Fokal kliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	2000
2. Toplam kliform (EMS/100 ml)	100	2000	100000	100000

Çizelge 2.4 Avrupa Topluluğu, Dünya Sağlık Organizasyonu ve Türk İçmesuyu Standartları

Parametre	Birim	Avrupa Topluluğu (1980)		Dünya Sağlık Org.(WHO, 1986)	Türk İçmesuyu Standardı(TSE-266)	
		Tavsiye Edilen değer	Maksimum değer	Tavsiye edilen değer	Tavsiye Edilen değer	Maksimum değer
Renk	Pt.Co	1	20	15	5	50
Bulanıklık	NTU	0,4	4	5	5	25
Sıcaklık	°C	12	25			
Elektriksel iletk.	μ mhos/cm					
Klorür	mg/l	25		250	200	600
Sodyum	mg/l	20	150	200		
pH		6,5-8,5		6,5-8,5	7-8,5	6,5-9,2
Potasyum	mg/l	10	12			
Top. Sertlik	°Fr		Min 15		50	50
Kalsiyum	mg/l	100			75	200
Magnezyum	mg/l	30	50		50	150
Sülfat	mg/l	25	250	400	200	400
Amonyak(NH ₃)	mg/l	0,05	0,5			
Nitrit(NO ₂)	mg/l		0,1			
Nitrat(NO ₃)	mg/l	25	50	44		45
Flor(8-12°C)	mg/l	1,5		1,5	0,8-1,7	1,4-2,4
Bakır	mg/l	0,1		1	1	1,5
Fenol	mg/l		0,0005			0,002
Çöz. Demir	mg/l	0,05	0,2	0,3	0,3	1
Mangan	mg/l	0,02	0,05	0,1	0,1	0,5
Karbon Klor ek.		0,1			0,2	0,5
T. Koliform	/100ml		0	0,01		
F. Streptokok	/100ml		0			

2.7. Önceki Çalışmalar

Diyarbakır ili yerleşim merkezi ve içmesuyu havzalarını kapsayan inceleme alanı, bazı çalışmacılar tarafından jeolojik ve hidrojeolojik açıdan incelenmiştir. (Filiz ve ark,1999) Diyarbakır akiferlerinin Hidrojeokimyasal özellikleri ve kirlenebilirliğini belirlemek için içme sularının sağlandığı kuyulardan alınan su numunelerini incelemiş, yeraltı suyunun hidrojeokimyasal özelliklerini belirleyip kirlenebilirliğini ortaya koymuşlardır. Petrol Araştırma Merkezinin Beykan Petrol Üretim Sahasının Devegeçidi Baraj Gölünde ve Midyat Akiferinde Sebep Olduğu Kirlenmenin Etüdü adlı araştırma projesi mevcuttur.

Diyarbakır akiferlerinin hidrojeokimyasal özellikleri ve kirlenebilirliği: Bu çalışma Diyarbakır çevresinde yapılan hidrolik ve hidrojeokimyasal araştırmaları kapsamaktadır. Alanda en altta bulunan Mardin formasyonu petrol ile birlikte çıkarılan üretim sularının haznesini oluşturmaktadır. Üzerine gelen Gercüş formasyonu, Midyat, Germik, Şelmo formasyonları ve bazalt birimi akifer özelliğindedir. Çalışma alanında yüzeysel ve yeraltı suları için bir çok kirlenici kaynak bulunmaktadır. Özellikle Mardin formasyonundan çıkarılan petrol artığı zararlı maddeler içeren üretim sularının alındıkları hazne yerine karstik kireçtaşlarından oluşan Midyat akiferine geri basılması Diyarbakır şehri içme suları için önemli tehlike oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmada akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri ve kirlenebilirlikleri irdelenmiştir.

Çalışma alanında en altta bulunan Kretase-Paleosen yaşlı Mardin formasyonu petrol ile birlikte çıkarılan kalitesiz, tuzlu, fosil suların (üretim sularının) haznesini oluşturur. Üstte gelen Alt Eosen Gercüş formasyonu Akiklud; Orta Eosen Midyat, Alt Miyosen Germik, Üst Miyosen-Pliyosen Şelmo formasyonları ile Pliyosen-Pleyistosen yaşlı bazalt birimi akifer özelliğindedir. Diyarbakır şehri içmesuyu ihtiyacını bu jeolojik formasyonlarda açılmış kuyular aracılığıyla ortak akifer sularından karşılamaktadır. Özellikle karstik Midyat kireçtaşları Diyarbakır için en verimli akiferdir. Bu akiferler sondajların açıldığı ve analizlerde belirtilen tarih itibarıyla hidrojeokimyasal özellikleri açısından içme, kullanma, ve sulama amaçlı kullanıma uygun sulardır. Bununla birlikte petrol üretim alanındaki Mardin formasyonuna geri basılması gereken petrol atığı üretim sularının karstik Midyat akiferine geri basılması Diyarbakır şehri akiferleri için büyük bir risk oluşturmaktadır. Çünkü petrol üretim alanı Diyarbakır içmesuyu kuyularının beslenme alanında kalmaktadır. Hidrojeolojik yapı Midyat akiferinin kirlenebileceğini göstermektedir. Alanda yeraltı sularının hızını ve

yönünü bulmaya yönelik çalışmalar, yeraltı suyu izleme deneyleri ve eser elementleri de içine alan çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Beykan Petrol Üretim Sahasının Devegeçidi Baraj Gölünde ve Midyat Akiferinde Sebep Olduğu Kirlenmenin Etüdü : Bu araştırma projesi 1964-1996 tarihleri arasında N.V. Turkse Shell, 1996'dan sonra N.V. Turkse Perenco tarafından işletilen Beykan petrol sahasında 1971-1997 tarihleri arasında üretilen formasyon suyunun Midyat akiferine basılması sonucunda meydana gelen kirlenmenin boyutları, aynı zamanda Devegeçidi baraj gölünün mutlak koruma alanı içinde bulunan Beykan petrol kuyularından olan döküntü ve sızıntıların göl suyunda bir kirlenmeye sebep olup olmadığını araştırmak üzere Temmuz 1996- Ocak 1998 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu proje kapsamında lokasyonu proje grubunca belirlenmiş altı adet gözlem kuyusunun yanı sıra yeri Shell Company Of Turkey tarafından tespit edilmiş iki gözlem kuyusu açılmıştır. Bu kuyulardan alınmış karot ve su numuneleri, kuyu başında meydana gelmiş petrol döküntülerinin bulunduğu yerde alınmış toprak numuneleri ile baraj gölünden ve D.S.İ Genel Müdürlüğüne belirlenmiş su kuyularından alınan su numunelerinde yapılan analizlerle kirliliğin boyutları tespit edilmiştir.

Toprakta meydana gelen petrol döküntülerinin baraj gölünde etkisi matematik bir model aracılığı ile çalışılmış, Midyat akiferinde ise basılan petrol sahası formasyon suyunun ne kadar bir bölgeyi kirletmiş olduğu da bir matematiksel yeraltı suyu modeli ile tahmin edilmiştir. Model çalışmasında elde edilen sonuçların yapılan kimyasal analizlerle ve sahada yapılan ölçümlerle uyum içinde olduğu tespit edilmiş ve kirlenmiş suyun 1997 yılı sonu itibarıyla akiferde kapladığı hacim ve 2070 yılına kadar yayılacağı alan tahmin edilmiştir.

Bu araştırmanın sonunda D.S.İ tarafından Devegeçidi baraj gölünde belirlenen on üç istasyondan alınan su numunelerinde yağ derişimi bulunmuş ve içmesuyu olarak Diyarbakır şehrine götürülmesi planlanan bu suyun daha detaylı incelenmesini istemiştir. Ancak proje başladıktan sonra Devegeçidi baraj suyunun içmesuyu olarak kullanılmaktan vazgeçilmesi üzerine, D.S.İ barajdan devamlı ve sistematik numune almaktan vazgeçmiştir. Proje süresince aynı tarihte baraj gölünde iki noktadan, Beykan petrol sahası önü ve Bilge kışlası önünde su numuneleri alınmış ve analizleri yapılmıştır. Aralık 1996 tarihinde alınan numunelerde petrol hidrokarbonu belirlenmiş, fakat Temmuz 1997'de alınan numunelerde petrol hidrokarbonu bulunamamıştır.

Bu nedenle baraj gölündeki kirlenmenin farklı mevsimlerde ve çeşitli noktalardan alınacak numunelerle takibi ve diğer kirletici unsurlarla birlikte değerlendirilmesi önemli görülmektedir.

Devegeçidi baraj gölü mutlak koruma alanı içinde bulunan petrol kuyularından olan döküntü ve sızıntıları toprakta petrol kirliliğine neden olmuştur. Yapılan bir sayısal model çalışmasıyla en kötü ve olumsuz şartlar kullanılarak yapılan tahminde dökülmüş petrolden benzenin süzülmesi ile oluşabilecek etkinin dikkate alınamayacak kadar az olduğu hesaplanmıştır. Halen sahada kuyu başlarında ve boru hatlarının geçtiği güzergahta alınan önlemlerin devamlı olması halinde toprakta ve doğrudan suya petrol akması durumunda da baraj gölünde bir tehlike olmadığı söylenebilir.

Diyarbakır içmesuyu kuyularından iki ayrı dönemde alınan su numunelerinin ilk grubunda belirlenen petrol hidrokarbonunun, daha sonra gelen numune grubunda bulunmaması ile birlikte değerlendirilerek kirlenme kaynağının farklı olabileceği düşünülmüştür. Bu kuyuların bazılarında ayrıca klor'un 26-35 ppm ve stronsiyumun 1-9 ppm arasında bulunması Diyarbakır civarında Bazalt ve Midyat akifer suyunun orijinal şartlarının ne olduğu sorusunu gündeme getirmiştir. Bu konuda eski veriler mevcut olmadığı ve proje kapsamında açılan kuyuların hepsinin enjeksiyon suyundan etkilenmiş olması nedeniyle kesin bir cevap verilememiştir. Bu kuyuların çevreleri ile birlikte değerlendirilerek bir etüt yapılmasına fayda görülmektedir. Beykan petrol sahasında açılan altı gözlem kuyusundan alınan su numunelerinin analizinden hepsinin enjeksiyon suyundan etkilendiği görülmüştür. Suyun hareket ettiği Midyat kalkerinin iki farklı akış biriminden oluştuğu tespit edilmiş ve daha geçirgen olan alt birimde, Beykan Diyarbakır arasındaki en uç kuyular olan Örnek 1A ve Örnek 2 olarak adlandırılan kuyularda (Proje grubunca belirlenerek açılan gözlem kuyuları) sırasıyla 115 ve 147 ppm klor içermesi, Diyarbakır'a doğru ilerlemiş olduğunu göstermektedir.

Petrol ve su kuyu arşiv bilgileri ve açılan gözlem kuyularından elde edilen bilgiler bu bölgenin bir matematik modelinin yapılmasına imkan vermiştir. Kalibrasyonu çeşitli zamanlarda alınmış kuyu su yükleri ile yapılan model vasıtasıyla kirlenme önünün 10 ppm klor derişiminin Midyat akifer suyunun orijinal şartlarını gösterdiği varsayılırsa, Diyarbakır yönünde 18,7 km. ilerlediği tahmin edilmiştir. Kalkerin bu birimde gözenekliliğin %7 alındığı ve kalınlığın 90 m. olduğu göz önüne alınırsa kirlenen su hacmi $1252 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 'tür.

Midyat akiferinin alt biriminde orijinal şartlardaki su kalitesini gösteren bu proje kapsamında analizi yapılmış bir numune mevcut değildir. Ancak Midyat akiferinin üst biriminde enjeksiyon suyunun Örnek 1A kuyusuna ulaşmadığı düşünülürse, bu kuyudan alınmış örnekte ölçülen 7,8 değerinin orijinal durumu yansıttığı düşünülebilir. Midyat akiferi içinde akan suyun kimyasal denge içinde olması gerekliliği, ayrıca N.V. Turkse Shell tarafından Oil Plus şirketine yaptırılmış olan analizlerde Beykan sahasının kuzeyinde bulunan Eğil kuyusunda da klor derişimi 5 ppm olarak rapor edilmiştir.

Raporun modelleme kısmında 25 ppm klor derişimi TS 266'da belirtilen ve içme suyu standardı olarak verilen değer olduğu için tolere edilebilecek kirlenme önünün derişimi olarak kabul edilmiş ve değerlendirmeler bu derişim üzerinden yapılmıştır.

Modelleme çalışması ile tahmin edilen kirlenme önünün hareketini takip etmek üzere Diyarbakır Beykan arasında 15. km'de devamlı numune alınabilecek bir gözlem kuyusu açılması ve altı ayda bir yapılacak su seviye ölçümü ve kimyasal analizlerle kirliliğin takibi önerilmektedir.

Bu çalışma kapsamında Kurkan ve Şahaban sahaslarından yapılan enjeksiyonun kirlenmeye etkisi proje kapsamına alınmadığı için çalışılmamıştır. Kurkan sahasından Beykan'ın iki katı enjeksiyon yapıldığı düşünülecek olursa kirlilik dağılımının daha farklı olacağı görülecektir. Bu sahasları da içine alacak bir çalışmanın yapılması önerilmektedir.

Midyat akiferinde Beykan petrol sahasından basılan üretim suyunun sebep olduğu kirlenmenin 1997 yılı sonu itibariyle durdurulması ve ilerlenmesinin engellenmesi için sürdürülen model çalışmasında üç ayrı senaryo düşünülmüştür. Sahada uygulanabilirliklerinin ise ihtiyaçlara göre tartışılması gerekmektedir.

3. ÇALIŞMA SAHASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Diyarbakır ili yerleşim merkezi ve içmesuyu havzalarını kapsayan inceleme alanı, bazı çalışmacılar tarafından jeolojik ve hidrojeolojik açıdan incelenmiştir. Değişik ölçeklerde haritalanması, detay jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar ile inceleme alanındaki bu tez çalışmasına baz oluşturacak bilgiler ortaya konulmuştur.

Bu nedenle ilk bölümde çalışma sahasının doğal coğrafyası, ikinci bölümde genel iklim özellikleri, üçüncü bölümde jeolojisi ve hidrojeolojisi ile su kimyası, dördüncü bölümde ise kentin gelecekteki içmesuyu ihtiyacı ve yeraltı içme suyu potansiyeli ile ilgili literatür çalışmalarından bahsedilmektedir.

3.1. Doğal Coğrafya

Diyarbakır ili Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almakta olup 15354 km² alanı kapsamaktadır. İl merkezi 37° 55' kuzey enlemi ve 40° 15' doğu boylamında yer almaktadır. İlin doğusunda Siirt ve Muş, batısında Urfa, Adıyaman, Malatya, kuzeyinde Bingöl, Elazığ, güneyinde Mardin illeri yer almaktadır.

Diyarbakır ili Dicle ırmağının batısında, denizden 650 m yükseklikteki düzlükte yer almaktadır. Kent, çevresi yüksek dağlar ve tepeliklerle çevrili bölgenin hemen hemen ortasında yer almaktadır. Bu bölgenin kuzey sınırlarını Güneydoğu Toroslar oluşturur. Dicle nehri ve kolları il sınırında olan akarsulardır. Seyri Kuzeybatı- Güneydoğu yönündedir. Nehrin kolları; Kuzeyde Ambar ve Pamuk çayları, güneyde; Ballıkaya, Olucak, Göksu ve savur çayları, Kuzeydoğuda ise Batman çayıdır. Ovaları ise Ergani, Diyarbakır, Göksu-Çınar, Şeyhan ve Batman- Silvan ovalarıdır.

3.2. Genel İklim Özellikleri

Diyarbakır ili Güneydoğu Anadolu iklim bölgesinde yer almaktadır. Bölgenin yağışlarını genel olarak Akdeniz orjinli nemli ve ılık hava kütleleri etkilemektedir. Özellikle kış ve ilkbahar aylarında Akdeniz üzerinden gelen depresyonların etkisiyle cephesel tip yağışlarını artırıcı yönde etkiler. İstasyonlarda yapılan ölçümlerden elde edilen yağış, sıcaklık, rüzgar, nisbi nem vs. gibi meteorolojik ölçümlerin sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Diyarbakır kentinin içme ve kullanma suyunun temini için etüt edilen ; Anbar, Hani, Dicle, Dankıran, Dilaver ve Göksu barajlarının yağış alanlarının aylık ve yıllık ortalama yağışların gözlem değerleri kullanılarak aritmetik yöntemler geliştirilir. Örneğin; Ambar,

Hani, Dankıran barajlarının yağış alanları aritmetik yöntemle sırasıyla 789mm, 1017mm, 701mm olarak hesaplanmıştır. Diyarbakır kenti 1990- 2000 yılı ortalama yağış değerleri Çizelge 3.1' de verilmektedir.

Güneydoğu Toroslar serin kuzey rüzgarlarını kestiklerinden Diyarbakır'da yılın 4 ayı bunaltıcı sıcaklar olmaktadır. Gözlemler Temmuz ve Ağustos aylarında kentin Türkiye'nin en sıcak şehri olduğunu göstermektedir. Uzun yıllar Diyarbakır sıcaklık rasatlarına göre yıllık ortalama sıcaklık 15,9 °C, en yüksek sıcaklık 46,2 °C ve günlük en düşük sıcaklık -24,2 °C olduğu tespit edilmiştir.

Bununla beraber bölge daha önce bahsedildiği üzere Akdeniz orjinli ılık hava akımı etkisindedir. Diyarbakır kenti 1990- 2000 yılı ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 3.2' de verilmektedir.

Diyarbakır kenti klimatoloji istasyonunda yapılan rüzgar gözlemleri sonucu maksimum rüzgar hızları ve yönleri tablolarında verilmektedir. Gözlem süresince ölçülen maksimum ve minimum rüzgar hızları belirlenmiştir. Diyarbakır kenti 1990- 2000 yılı ortalama rüzgar hızları değerleri Çizelge 3.3' de verilmektedir.

Diyarbakır kenti nisbi nem ölçümleri Meteoroloji Müdürlüğünün verileri baz alınarak ölçülmüştür. Diyarbakır kenti 1990- 2000 yılı ortalama nisbi nem değerleri Çizelge 3.4' de verilmektedir.

3.3. Genel Jeolojik Özellikler:

Doğal suların kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde, su kaynaklarının geldikleri ve içlerinden geçtikleri formasyonların bilinmesi önemlidir. Bu nedenle Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyu kaynaklarının temasta bulunduğu formasyonların genel anlamda incelenmesi yapılarak, içmesuyu kaynaklarının kimyasal özellikleri araştırılmış bulgulara bağlı olarak yorumlamalar yapılmıştır.

Çizelge 3.1 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Yağış Değerleri (DMİ, 2000)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1990	69,5	89,9	29	79	1,3	25,4	0	0	0	1,3	34,4	40,1
1991	66,8	65,3	123,2	31,5	46	4,3	0	0	0	25,8	58,8	147,9
1992	39,9	111	14,8	20,9	79,8	39,8	0	0	0,7	0,5	77,7	43,4
1993	65,8	91,9	54,9	58,5	119,5	5,5	0	1,6	0	11,6	99,1	8,7
1994	133,6	54,2	45,2	48,1	34,2	1	0	0	0,6	55,7	115,4	89,1
1995	83,1	55,2	49,5	115,6	20,8	20,3	0	0	0	10,9	56,2	0
1996	142,8	71,7	210,3	54,8	8	0,2	2,4	0	8,5	27,4	3,5	133,5
1997	25,3	48,7	44,7	34,6	12,8	4,3	0	0	25,5	91	59,4	80,9
1998	75,2	41,7	71,8	75,6	86,3	1,7	0,5	0	0,2	0,2	27,2	62,3
1999	15,6	45,5	52	76,1	22,4	1,1	0,9	0	10,5	2,7	1,9	31,5
2000	70,9	58,2	30,7	33	6,1	0,3	0	0	0,9	35,1	34	113,6

Çizelge 3.2 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (DMI, 2000)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1990	-0,7	3,4	8,9	12,4	19,2	25,7	31,4	29,2	24,2	17,1	9,7	4,4
1991	0,7	1,9	8,9	14,5	18,2	26,6	31,3	30,9	24,4	17	9,6	3
1992	-1,7	-2,4	4,4	12,6	17	23,4	28,3	29,4	23,4	18,1	7	-0,7
1993	0,1	0,3	7,4	12,8	16,3	24,4	31	30	24,8	17,4	6,4	5
1994	4,7	4,2	9,3	15,6	19,4	26,6	31,8	30	25,5	17,9	8,7	1,4
1995	3,8	5,8	9,5	12,8	19,5	26	30,2	30,1	23,7	15,2	7,1	2,3
1996	3,5	4,8	8	12,2	20,7	26,3	32,1	30,2	23,6	15,4	9,4	7,3
1997	3,5	0,6	4,9	11,7	19,9	26,5	30	29,4	22,4	16,5	9,1	4,3
1998	0,5	3	7,5	13,6	18,5	27,1	31,9	31,3	24,5	18,3	12,5	5,6
1999	4,5	5,3	8,1	13,6	21	27,3	31,4	30,6	24,4	17,6	9,8	4,8
2000	1,3	2,5	7	15,3	21,3	28,1	33,4	30,4				

Çizelge 3.3 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Rüzgar Değerleri(DMI, 2000)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık ort.
1990	2,9	3,5	3,5	3	3	3,9	3,4	3,3	2,9	2,4	1,8	2	3,1
1991	2	3,1	2,9	2,6	3,5	3,5	3,5	3,1	2,7	1,8	1,7	1,9	2,8
1992	2,6	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7	3,5	3,2	2,5	2,3	2,2	1,9	2,8
1993	2,3	2,2	2,9	2,6	2,2	3,1	3,5	3	2,4	1,7	2,1	1,3	2,5
1994	1,8	2,2	2,4	2	2,1	4	3,2	3,2	2,1	1,7	2,1	1,8	2,5
1995	1,6	2,2	2	2	2,2	2,6	3,2	2,7	2,6	2,3	2,1	1,4	2,3
1996	1,7	3,5	2,2	2,3	4,7	3,5	2,7	2,9	2,1	2,2	1,4	1,8	2,7
1997	2,1	2	3,4	3,3	2,2	3,3	3,9	2,6	2,5	1,8	3,2	1,5	2,6
1998	2	2,7	2,7	2	2	2,6	2,9	2,6	2,5	2,3	1,6	1,5	2,4
1999	1,6	2,4	2,4	2,2	3,2	3	2,9	2,6	2,4	2,4	2,3	1,5	2,4
2000	2,3	2,4	2,4	2,4	2,9	4,2	3,3	3,5	3,3	2,2	0,8	1,5	2,4

Çizelge 3.4 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Nisbi Nem Değerleri(DMİ, 2000)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1990	64	64	51	66	46	36	27	24	27	41	60	67
1991	75	62	67	59	47	34	28	26	34	57	68	73
1992	61	66	56	50	55	44	30	29	31	34	63	74
1993	67	76	54	57	65	36	26	30	26	35	77	83
1994	82	78	74	72	62	40	39	38	45	62	81	81
1995	84	75	74	74	65	50	43	40	46	53	69	68
1996	76	73	82	72	58	41	39	38	46	68	72	86
1997	77	81	72	71	66	52	26	27	33	64	71	79
1998	76	58	64	69	68	38	25	26	33	33	59	79
1999	71	67	65	54	43	31	26	27	37	43	41	66
2000	74	65	64	57	37	21	13	20				

3.3.1. Jeolojik Formasyonlar

Bu çalışmada inceleme konusunu oluşturan jeolojik formasyonlar alttan üste doğru sırasıyla Kretase-Paleosen yaşlı Mardin formasyonu ,Alt Eosen yaşlı Gercüş formasyonu, Orta Eosen yaşlı Midyat formasyonu, Alt Miyosen yaşlı Germik formasyonu,Üst Miyosen-Pliyosen Yaşlı Şelmo formasyonu, Pliyosen-Pleyistosen yaşlı bazalt birimi ve Holosen yaşlı Alüvyon birimi olmak üzere 7 grupta incelenmiştir (Şekil 3.1). Formasyon adlanmaları ve yaşları önceki çalışmalardan alınmıştır (DSİ,1979).

En yaşlı birim olan Mardin formasyonu;Hazro antiklinoryumunda ve daha geniş olarak Mazıdağ civarında mostra verirler. Mardin formasyonu, çakıl taşı,kireçtaşı,ve dolomitik kireçtaşlarından yapılı olup,yörede çıkarılan petrolün hazne kayasını oluşturur. Takriben 400m kalınlık gösterir. Burada Üst Kretase,marnlı kalkerlerinden ayrılmamış olup birlikte etüt edilmiştir.

Gerçüş formasyonu ise;Etüt sahası içinde genellikle aşınma ile çukurlaşmış bölgelerde küçük parçalı mostralar halinde görülürler. Gercüş formasyonu, kumtaşı, çakıl taşı, marn, kireçtaşı ve şeyl ardalanmasından oluşur. Ayrıca yer yer jips bantları içerir. İnceleme alanının güneyinde yüzlek veren midyat kireçtaşları genel olarak düşük eğimli ince ve düzgün katmanlaşmalı olup,karstik boşlukludur. Genel olarak 300-350m kalınlık gösterirler. Bu formasyonun karasal fasieste tortullaştığını ileri sürenler vardır. N.Tolun'un neritik deniz fasiyesinde görüşü daha çok benimsenmiştir. Germik formasyonu:Aşağı Konak köyünden başlayarak doğu-batı doğrultusunda dar bir şerit halinde uzanan mostralarda konglomera, konglomeratik kalker,kırmızı marn,krem renkli sert kalker,tebeşirli kalker seviyelerinin yatay ve düşey yönde geçişlerini görmek mümkündür. Açık kırmızı renkli bir taban çakıl taşı ile başlar,üstlere doğru pembemsi beyaz,yumuşak killi kireçtaşları ile temsil edilir. Şelmo formasyonu:Yatay ve düşey yönde çok değişik litolojilere sahip genellikle kil taşı, siltli kumtaşı, çakıl taşı ve marn katmanlarının ardalanmasından oluşur. Lagüner ve üst seviyeleri muhtemelen karasal fasiyeste oluşan bu formasyonun üstünde, özellikle Dicle nehrinin güney ve kuzeyindeki dere yatakları arasındaki yüksek kısımlarda Pliyosen yaşlı, taneli formasyonlar bulunur. Çok ince ve litolojik benzerlikten dolayı ayırımı güç olan ve hidrolojik bakımdan önemli olmayan bu pliyosen serileri Şelmo formasyonundan ayrılmamış,dolayısıyla Üst Miyosen-Pliyosen olarak düşünülmüştür.

Pliyosen-Pleyistosen formasyonu:Pliyosen sonlarında başlayan ve pleyistosende de süren volkanik etkinliklerin bir ürünü olan bazaltlar, Karacadağ volkanizması kaynaklıdır.

Karacadağ volkanitleri Anadolu'nun yeniden yapılanmasını sağlayan netektonik rejime bağlı olarak gelişmiş olup, Güneydoğu Anadolu'daki Arap otoktoner üzerinde yer alır. Pliyosende başlayan ve Kuvaterner sonlarına kadar devam eden volkanik aktivite, başlıca üç evre ve çok sayıda fazla temsil edilmektedir. Yapılan petrografik ve jeokimyasal çalışmalarda, anılan volkanitlerin manto kökenli olduğu, ender olarak toleyitik nitelikte veya alkalen olduğu, ama tamamen bazalt türde olduğu saptanmıştır. Her evrede piroklastisler olmasına rağmen olivin bazalt, oğit bazalt hakim kayalar olarak kendini gösterir. Porfirik dokulu, kalsit inkliz yönlüdür.

Karacadağ volkanitleri, Arap Levhası ile Anadolu Levhası arasında Orta Miyosen'den itibaren gelişen kıta-kıta çarpışmasını inleyen sıkışma evresinde, Arap levhası üzerinde gelişen impaktojen türde riftleşme ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Bu mekanizmayla açılan K-G yönlü kırık sistemlerden yükselen ve genç çökelleri örterek yayılan manto ürünü karakteristik plato bazaltlarıdır.

Fiziksel özellikleri itibariyle yüzeyde bloklu strüktürlü, derine doğru faz arası pişmiş killer ve piroklastik malzeme ile temsil edilen bazalt kayası, tabana doğru masif bir görünüm kazanır. Koyu gri-siyah renkte, sert, sağlam, dayanıklı, çekiç darbesinde zorlukla kırılabilen, düzlemsel kırılma yüzeyi sunan kayalar, çatlaklı, kırıklı, münferit boşluklu ve cüruf görünümünde olabilmektedir.

3.3.2. Çalışma Sahasının Hidrojeolojisi ve Su Kimyası

Doğuda Dicle nehri ile sınırlanan batıda ise Karacadağ'a ve doğru kalınlaşarak devam eden bazaltlar, iyi bir akifer olarak karşımıza çıkar. Birimin kırık çatlak ve sütun iklimli yapısı ve bu süreksizliklerin belli zonlarda yoğunlaşarak bağlantılı bir strüktür kazanması, kayaya verimli bir akifer özelliği verir. Altında ince ve kaba detritiklerin ritmik aralanmasından oluşan ve kuramsal olarak geçirimsiz olan Şelmo formasyonunun bulunması suyun depolanmasına yardımcı olan önemli bir faktördür. Bazaltların doğuya doğru incilmesi, depolanan suların bir kısmının kaynaklar şeklinde yüzeylenmesine neden olur. Bazaltta yüksek debili ve belirgin bazı kaynaklar ; Gözeli (300 l/s) İçkale ve Anzele kaynaklarıdır. Bunlar şehrin içme ve kullanma suyu için değerlendirilmektedir.

Bazaltın yeraltı içmesuyu olarak değerlendirilmesine yönelik, DSİ tarafından Gözeli ve Yeniköy sahalarında yapılan çalışmalar sonucunda, Gözeliden 450 l/s, Yeniköy' den 150 l/s yeraltı içmesuyu sağlanarak şehir şebekesine ilave edilmiştir. Ancak Yeniköy sahasındaki

kuyuların bir kısmı derin akifere yöneliktir ve müşterek akifer oluşturularak üretim yapılmaktadır.

Bazaltta açılan kuyularda başlangıçta 10-18 m'de olan statik seviyeler, 3 yıllık kurak periyottan sonra ortalama 30 m civarına düşmüştür. Bazalt akiferde açılan kuyularda debi 0,4-90 l/s arasında seyretmiştir. Bazalt kalınlığı doğuda 5m, batıda 300m olarak belirlenmiştir.

Bazaltın suyu depolama kapasitesi, yapısal ve erüptif özellikleriyle direk bağlantılıdır. Faz oranı killerin yayılımı bazen düşey yöndeki süzülme engellemektedir. Bu durumda yağış suları topoğrafik eğime bağlı olarak hızla akışa geçer ve deşarj noktalarını oluşturur. Bağlantılı kırık ve çatlak sistemi ve tabandaki çakıllı düşeyler depolama için uygun ortam hazırlarlar.

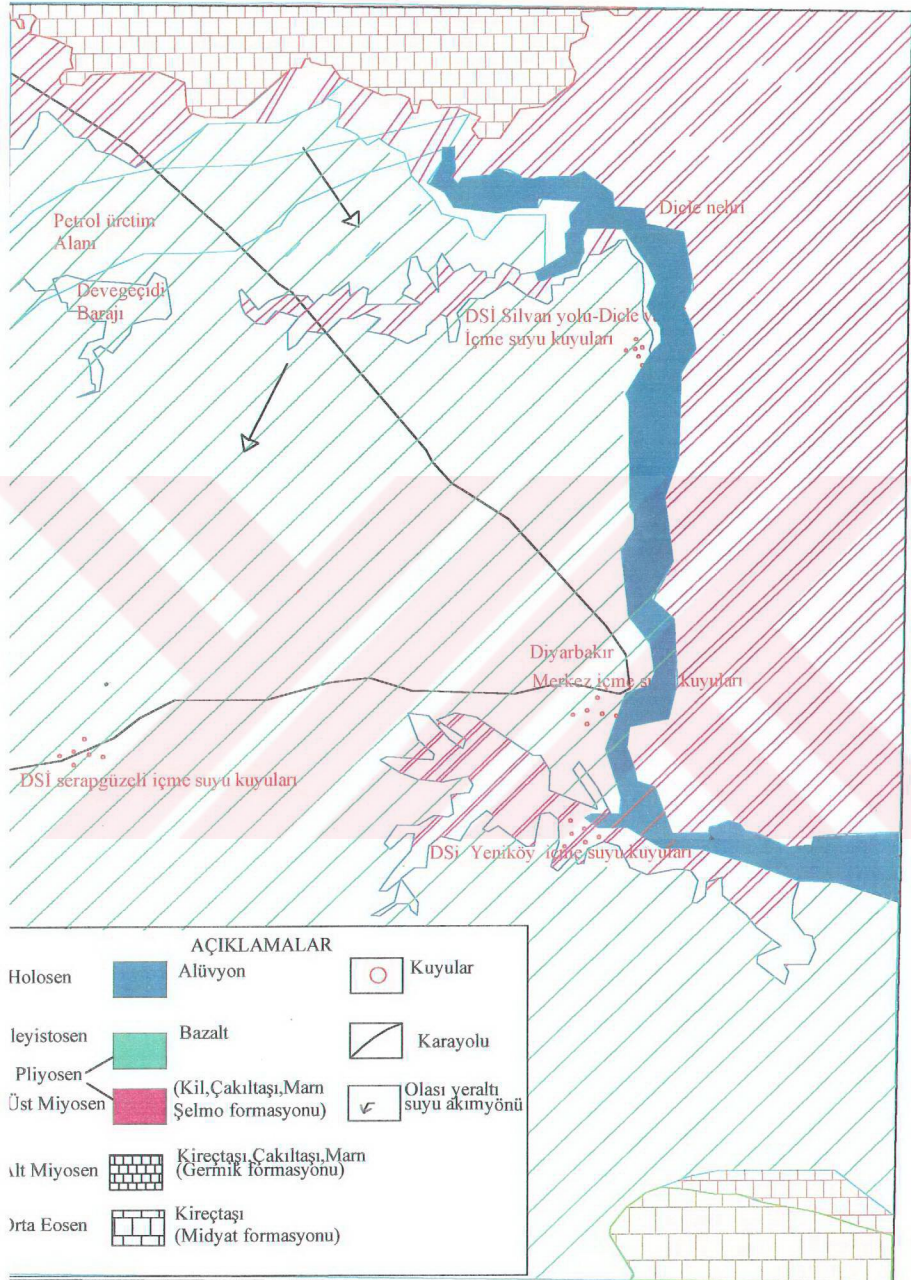
Karacadağın büyük potansiyeline rağmen yapılan ölçümlerde yıllık boşalım 50×10^6 m³/yıl bulunmuştur. Özgül debi 2-7 l/sn iletkenlik katsayısı ise 10-600 m³/gün olarak tespit edilmiştir.

Orta Eosen yaşlı Midyat formasyonu Diyarbakır ve yakın çevresi için, içme, kullanma ve sulama suyu açısından en önemli akifer durumundadır. Kalınlığı ortalama 250m civarında olan bu birim killi, tebeşirli ve karstik özelliklerinin yanı sıra kırık çatlak ve karstik boşluklar şeklinde rezervuar akışına yardımcı olan ve bu iletkenliğinde önemli rol oynayan süreksizliklerde içermektedir. Ancak geniş bir yayılıma sahip olmasına rağmen bu özellikler kayanın tamamında homojen olarak gözlenmez.

Midyat kalkerleri, Diyarbakır ilinin güneyinde ve kuzeyinde geniş alanlarda mostra verir. Yağışlarla süzülen sular, Diyarbakır ve yakın çevresinde oluşan senkilinalde depolanır. Dicle vadisi boyunca basınçlı akifer oluşumu buralarda açılan 90-260 l/s debili artezyen yapan kuyular mevcuttur.

Midyat akiferinde iletkenlik katsayısı yapılan hesaplamalarda $t = 10-250$ m³/gün olarak bulunmuştur. Bu kesimlerde yüksek debili kuyular sulama amaçlı olarak hizmet vermektedir.

Diyarbakır ilinin güneyinde masif haldeki Eosen kalkerlerin mostra alanı 1610 km² olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama yağış 607 mm dir. Buna göre süzülme oranı % 25 olarak hesaplanmıştır. Ancak yapılan değerlendirmelerde fazla suyun yaklaşık % 40'ının yeraltına karstik boşluklar vasıtasıyla intikal ettiği saptanmıştır.



ekil 3.1 Çalışma Alanının Jeolojik ve Hidrojeolojik Haritası (DSİ 1979' dan eğitirilerek)

3.3.3. Çalışma Sahasının Hidrojeokimyasal Özellikleri

Çalışma sahasındaki Değişik sondaj kuyusundan (1984-1996 yılları arasında yapılmış) edinilen kimyasal analizler ile hidrojeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur.

Mardin formasyonundan gelen petrol üretim suları dışındaki tüm akifer suları gerek içme ve evsel kullanım amaçlı, gerekse sulama amaçlı olsun rahatlıkla kullanılacak kaliteli sulardır. Mardin formasyonundan gelen sular sodyumlu-kalsiyumlu-klorürlü su tipini, bazalt ve şelmo ortak akiferi kalsiyumlu-magnezyumlu-bikarbonatlı ve sülfatlı su tipini, bazalt+Şelmo+Germik+Midyat ortak akiferi ve Şelmo akiferi ise kalsiyumlu-magnezyumlu ve bikarbonatlı su tiplerini, Şelmo+Germik+Midyat ortak akiferi de kalsiyumlu-magnezyumlu-bikarbonatlı ve sülfatlı su tipini yansıtmaktadır. Sertlikleri az sert ile sert arasında değişen toplam tuzluluk değerleri düşük olan (genellikle 250-800µmho/cm) bu içilebilir akifer sularının pH değerleri de çoğunlukla 7.4 ile 8.3 arasında değişmektedir. Doymuluk indeksleri her akifer için kuyudan kuyuya farklı değerler almakla birlikte kalsit ve dolomit doymulukları tüm akiferlerde çoğunlukla pozitif, jips ise negatif değerdedir. Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramında benzer formasyonlardan gelen ,aynı hazneye yada beslenme alanına sahip sular benzer dağılım gösterirler. Farklı formasyonlardan gelen yada birbirleriyle ilişkisiz olan sular da birbirinden farklı pik verirler.

Çalışma alanındaki sular zaman içinde iyon çözünürlüğünün artması yönünde kalsiyum karbonatlı su tipinden sodyumlu, kalsiyumlu ve klorürlü su tipine doğru gelişen bir hidrojeokimyasal evrimi yansıtırlar.

3.4. Su Noktaları

3.4.1. Yüzeysel Su Noktaları

Çalışma sahasındaki bütün akarsular birleşerek tek bir noktada sahayı terk ederler. En önemli akarsu Dicle nehri olup, diğerleri onun kollarıdır. Dicle nehri çalışma sahası içinde, batıdan Devegeçidi çayı ve Fabrika deresini içine alır.

Kaynaklar, çok geniş olan çalışma sahası içerisinde, Eosen (Midyat) kalkerlerinden, Şelmo formasyonundan ve Bazaltlardan çıkan sayılamayacak kadar çok kaynak mevcuttur. Bu kaynaklardan çoğu küçük debili olup belirgin bir özelliğe sahip değildir.

En büyük kaynaklar Eosen kalkerlerinde çıkarlar. Güneydeki Eosen mostraları içerisinde çıkan pek çok kaynak Göksu, Savur ve Şeyhan sularının membaini teşkil ederler.

Bazaltlarda çok sayıda kaynak mevcuttur. Devegeçidi, Fabrika deresi ve Karasu tamamen bazaltlardan çıkan kaynak suları ile beslenirler. Karacadağ'a düşen yağışlar bazalt kaynaklarını büyük çapta beslerler. Bazaltlarda, genellikle bir noktada çıkan büyük debili bir kaynağa rastlanmaz. Kaynaklar dar sahalarda gruplar halinde çıkarlar. bunlardan birisi olan Serap Güzeli(Gözeli)köyü civarındaki kaynaklar grubunun 400 l/sn'lik bir kısmı kapte edilerek Diyarbakır şehrinin içmesuyu ihtiyacını karşılamakta kullanılmaktadır.

3.4.2. Kuyular

Sığ Kuyular, çalışma sahasının büyük bölümünde çok sayıda sığ kuyuya rastlamak mümkündür. Bunlar genellikle yeraltı suyunun satha yakın yerlerinde açılmışlardır. Bu kuyular halkın içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak için açılmışlardır.

Derin Kuyular, Çalışma sahası içinde DSİ ve çeşitli kurumlar tarafından açılmış farklı amaçlara yönelik (içme, kullanma, sulama) açılmış çok sayıda sondaj kuyusu mevcuttur. Kuyuların ortalama derinlikleri genel olarak 150-250m civarındadır. Açılan kuyularda alüvyonun, bazaltların, Üst Miyosen klastik serilerinin, Silvan kalkerlerinin, Alt Miyosen formasyonlarının ve Eosen kalkerlerinin yeraltı suyu durumları ayrı ayrı veya üst üste bulunan formasyonlarda müşterek olarak gözlenmiştir.

3.4.3. Akiferler

Çalışma sahasında bulunan alüvyonlar, bazaltlar, Şelmo formasyonu, Silvan kalkerleri Alt Miyosen formasyonları ve Eosen kalkerleri sondajlarla erişilebilen akifer durumundadır.

Formasyonlar, değişik jeolojik ve litolojik yapıları nedeniyle yeraltı suyunun oluşumu, depolanması, hareketi bakımından farklı akifer özellikleri gösterirler. Etüt sahasının yeraltı suyu taşıyan formasyonları; Eosen kalkerleri, Alt Miyosen formasyonları, Silvan kalkerleri, Şelmo formasyonu alüvyonlar ve bazaltlardır. Bu formasyonların geometrisi, yani yayılım, derinlik ve kalınlıkları ile akifer niteliğinde olabilecek kısımların belirlenmesi amacıyla kuzey-güney, doğu-batı yönünde kateden ve ayrıca yeraltı suyu bakımından önemli olan Dicle nehri yatağında daha sık aralıklarla kesitler çıkarılmıştır. sahada akifer seviyelerinin altındaki temel formasyon Gercüş formasyonudur. Eosen kalkerlerinin altında ve her yerde yaygındır. Gercüş formasyonu üstündeki Eosen kalkerleri güneydeki mostradan itibaren ova altına dalar, önceleri 100-150m Dicle yatağına doğru 200-300m derinlere iner. Dicle'nin hemen kuzeyinde 350m'nin altına iner ve Silvan fay hattına kadar derinleşerek devam eder. Sahanın batısında

ise, Aşağı konak köyü dolaylarında, Diyarbakır'a dalan kalkerler, Diyarbakır'dan sonra kuzeye doğru tekrar yükselirler. Derinlik Diyarbakır civarında 300-325m'dir.

Eosen kalkerleri üzerinde yine çok yaygın olarak ve çok değişik litolojisiyle Alt Miyosen formasyonları yer alır. Güneydeki mostra sahasından itibaren kuzeye doğru saha altına dalan Alt miyosen formasyonlarının kalınlığı 100-150m'dir. Dicle'nin hemen kuzeyinde kalınlık 200-300m'yi Silvan fay hattına doğru 350-400m'yi bulur. Alt Miyosen formasyonları çok değişik litolojik özellikte görülürler. Çok çeşitli renk ve dokudaki kalkerlere, konglomeralara, beyaz renkli tebeşirlere ,kırmızı marnlı seviyelere, killi zonlar ve kalın anhidritli zonlara bu formasyon içinde rastlamak mümkündür.

Şelmo formasyonunu oluşturan molas karakterli Üst miyosen formasyonları, Silvan kalkerlerinin üstüne gelirler. Genellikle faylar arasında kaldığından değişik kalınlık arz ederler. Oldukça verimli akifer durumunda olan alüvyonlar özellikle Dicle nehri yataklarında, nispeten geniş ve kalın görülürler. Ortalama kalınlık 30m'yi bulur. Yeniköy civarında açılan kuyularda 150m görülen kalınlık muhtemelen bu bölgede alüvyon altında kalan Pliyosen çakıl ve konglomeraların mevcudiyetinden doğmaktadır. Yan dereler üzerindeki alüvyonlar ince ve dardırlar.

Çatlak sistemlerinde yeraltı suyu bulunduran bazaltların Dicle nehri kenarında 1-5m olan kalınlıkları batıya Karacadağ'a doğru artar. İnce olduğu yerlerde akarsular tarafından aşındırılmaları,altındaki Şelmo formasyonu mostralarının içeri doğru sokulmasını sağlamıştır. Bazalt formasyonu kalınlığının Pirinçlik civarında 300m olduğu tespit edilmiştir. Diyarbakır şehri civarında ise 1-50m arasındadır.

3.5. Akiferlerin Beslenimi ve Yeraltısu Boşalımı

Çalışma sahası içinde akifer özelliğinde olan farklı formasyonların, yeraltı suyu beslenim ve boşalım yolları ve miktarları da farklıdır. Bilindiği gibi yeraltı suyu pratik uygulamalarında, bir akiferin beslenim miktarı basit yöntemlerle direkt olarak hesaplanmadığı veya ölçülemediğinden;önce, akiferin boşalım miktarı değişik yöntemlerle sıhhatli bir şekilde hesaplanır veya ölçülür. Uzun yılları içine alan bir periyotta,rezerv değişimi ihmal edilerek, Beslenim-Boşalım eşitliğinden akiferin beslenimi tahmin edilir.

Yeraltı Suyu Beslenimi: Alüvyonlar, Dicle Nehri yatağında bulunan alüvyonlarda yeraltı suyu doğrudan doğruya bu akarsu ile ilgilidir. Beslenimleri tamamen bu akarsudan olmaktadır. Alüvyonların üzerine düşen yağış ve çevreden gelen yüzeysel akış yada Şelmo

formasyonundan olabilecek yeraltından akış yoluyla beslenmeler önemli değildir. Zira alüvyonlara intikal eden bu sular kısa süre içerisinde akarsularla bağlantı kurup onlara katılırlar. 1970 yılının Eylül ayında alınan ölçülere göre Dicle nehrinin debisi 7660 l/s' dir.

Bazaltlar, doğrudan doğruya mostra sahasına düşen yağışların yeraltına intikali yoluyla beslenirler. Bazaltlarda en yüksek yer olan Karacadağ, kar ve yağmur şeklinde bol yağış alması nedeniyle, bazaltların beslenmesinde önemli etkidir.

Bazalt sahaya düşen yıllık yağış miktarı, Karacadağ ve Diyarbakır'a düşen yıllık yağış miktarlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur. Takriben 1750 m yükseklikteki Karacadağ'a düşen yağış ise, Diyarbakır Meteoroloji İstasyonunun kaydettiği değerlerden (489 mm) korelasyonla 548 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre Bazalt sahaya düşen ortalama yıllık yağış miktarı; $(489+548)/2= 518,5$ mm bulunur.

Çalışma sahası içindeki Bazalt alanı 3180 km^2 dir. Bazaltlara bir yılda düşen yağış: $3180 \cdot 10^6 \cdot 0,5185 = 1649 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ /yıl 'dır. Bazaltların bu kadar çok yağış almasına karşılık, Temmuz 1970 ölçümlerine göre yıllık boşalım miktarı $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Bu durum önceki bahislerde belirtildiği gibi, yağışın Bazaltlarda derinlere intikal edip bir rezervuarda birikme olanağı bulmadan doğrudan doğruya yerüstünden veya üst seviyelerde yeraltından topoğrafik meyile uygun olarak hızla akışa geçtiğini göstermektedir.

Eosen (Midyat) kalkerlerinin beslenimi tamamen güneyde Mazıdağı-Savur arasındaki geniş mostra sahasına düşen yağışın yeraltına intikali suretiyle olmaktadır. Kuzeyde Silvan kalkerlerinin ve altındaki eosen kalkerlerinin verimsizliği ve Silvan fay hattının mevcudiyeti nedeniyle, eosen kalkerlerine bu bölgeden bir beslenimin olabileceği düşünülmemektedir. Ayrıca Batı Raman sırtlarında geniş bir yayılıma sahip olmayan eosen kalkerlerinin de, tabaka yapıları dolayısıyla beslenmeye katkıları ihmal edilebilecek miktardadır.

Dicle nehri güneyinde kalmış ve birbirinden kopmamış eosen kalkerlerinin mostra alanı 1610 km^2 dir. Mazıdağı, Savur ve etüt sahasının 8 km güneyindeki Mardin Meteoroloji istasyonları Eosen mostrasına düşen yağışı karakterize edebilecek şekilde yayılmıştır. Bu üç istasyonun kayıtlarında belirtilen yıllık ortalama yağış değerlerinin aritmetik ortalaması, bu bölgeye düşen yıllık ortalama yağış miktarı olarak alınmıştır.

Yıllık ortalama yağış; Mardin istasyonunda 701 mm, Mazıdağı istasyonunda 611 mm, Savur istasyonunda 511 mm olarak ölçülmüş olup Eosen kalkerlerine düşen yağışın yıllık ortalaması 607 mm' dir.

Yeraltı suyu boşalımında alüvyonlardan, başka formasyonlara veya başka alanlara herhangi bir boşalım söz konusu değildir.

Bazaltlarda, Karacadağ'dan itibaren pek çok kaynak çıkar. Bunların az bir kısmı dereler ulaşmadan sulamada kullanılır veya buharlaşarak kaybolurlar. Büyük bir kısmı ise toplanarak dereleri meydana getirirler. Bazaltın bütün suları dere veya kaynak şeklinde tamamen Dicle nehrine boşalır. Diyarbakır içmesuyunu karşılayan Serap güzeli (Gözeli) kaynakları ve çok sayıda sondaj kuyularından alınan su da suni boşalımı oluşturur. 1970 yılının temmuz ayında güneyde Karasu (Haram su) deresinden, kuzeyde Devegeçidi (Furtaşko) çayına kadar Bazalt sularını boşaltan bütün akarsu, kaynak ve çeşmelerde debi ölçümü yapılmış ve toplam 1234 l/s su boşaldığı tespit edilmiştir.

Bazaltların yıllık debi boşalımı $1,234 \times 31,5 \times 10^6 = 38,8$ veya 39×10^6 m³ /yıl eder. bazaltlardan sondaj kuyuları ile yaklaşık 100 l/s su alınmaktadır. Bu durumda suni boşalım da $0,100 \times 31,5 \times 10^6 = 3,15 \times 10^6$ m³ /yıl veya 3×10^6 m³ /yıl dır. Bu arada, ölçülmeyen saha içerisinde sulamada kullanılan veya başka yollarla kaybolan suların olabileceğini kabul etmek gerekir. Bu miktar, beslenme=boşalım bağıntısından istifade ederek 8×10^6 m³ /yıl olarak bulunur. Buna göre Bazaltların toplam boşalımı yaklaşık olarak; Tabii boşalım (39,0+8,0) $\times 10^6 = 47 \times 10^6$ m³ /yıl, Suni boşalım $= 3,0 \times 10^6$ m³ /yıl olmak üzere;
Toplam boşalım $= 50,0 \times 10^6$ m³ /yıl olarak bulunur.

Eosen kalkerlerdeki sular, tamamen kaynaklar tarafından boşaltılır. Bu boşalım iki grupta toplanabilir.

a- Beslenme sahasında boşalım: kalkerlerin mostra sahasından çıkan irili ufaklı pek çok kaynak, yeraltı sularının bir kısmı ovaya intikal etmeden boşaltılır.

b- Ova içinde, rezervuardan boşalım: Tamamen zellek kaynakları ile olmaktadır. Bu noktadan başka hemen hiçbir yerde boşalım için olanak yoktur. Sadece açılan sondaj kuyularından çok az bir suni boşalımdan söz edilebilir. Sonuç olarak eosen kalkerlerine düşen yağışın bir kısmı yeraltına intikal eder. bir kısmı yüzeysel akışa geçer. Yeraltına intikal eden yağışın bir kısmı ovaya intikal etmeden beslenme sahasında kaynaklar ve akarsular halinde yüzeye çıkar. Zellek kaynaklarının debisi 1970 yılında alınan ölçümlerin ortalaması olarak aşağıda verilmiştir. Haziran 7,738m³/s, Temmuz 7,505 m³/s, Ağustos 7,633m³/s, Eylül 7,106 m³/s, Ekim 6,927m³ /s olmak üzere toplam 36,909 m³/s olarak ölçülmüştür. Ortalama debi ise, 7,382 m³/s' dir. Kaynaklardan yıllık boşalım miktarı: $7,382 \times 31,5 \times 10^6 = 233 \times 10^6$ m³ tür.

Toplam debileri 150 lt/s civarında olan ve halen kullanılan artezyen kuyuları ile olan suni boşalım miktarı da yılda; $0,150 \cdot 31,5 \cdot 10^6 = 4,7 \cdot 10^6$ veya $5 \cdot 10^6$ m³ kadardır. Eosen kalkerlerinin toplam boşalımını ise $233 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^6 = 238 \cdot 10^6$ m³/yıl olarak bulunmuştur.

3.6. Diyarbakır Kenti Yeraltı İçmesuyu Potansiyeli

Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyu potansiyelinin belirlenmesi amacıyla şehir merkezinde bulunan kuyularla , Gözeli, Silvan yolu Dicle vadisi ve Yeniköy içmesuyu kuyularının statik ve dinamik seviyeleri belirlenmiş ve buna bağlı olarak tüm kuyuların verimleri hesaplanmıştır. Diyarbakır kentine su temin eden bu kuyuların statik, dinamik, derinlik, verim, açıldıkları yıl ve konumları çizelge 3.5.a, 3.5.b, 3.5.c, 3.5.d şeklinde aşağıda gösterilmektedir.

Çizelge 3.5.a, 3.5.b, 3.5.c, 3.5.d 'deki verilerden de yararlanılarak, Kentin mevcut su kaynakları, Gözeli(Belediye) 7,8 hm³/yıl, Serap Gözeli(DSİ) 15,7 hm³/yıl, Kentiçi kaynakları 7,8 hm³/yıl, özel kuyular 4,7 hm³/yıl, DSİ yeni kuyuları 4,7 hm³/yıl olmak üzere toplamı 40,7 hm³/yıl' dır

Ayrıca Silvan yolu Dicle vadisi DSİ (1994-1995) kuyuları 7,8 hm³/yıl, Gözeli kaynaklarının geliştirilmesi ile elde edilen diğer ilave 4,7 hm³/yıl olmak üzere genel toplamı 1996 yılı itibariyle 53,2 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır.

3.7. Diyarbakır Kenti Gelecekteki Su İhtiyacı

Kentin gelecekteki su ihtiyacı, Simaş firmasının Diyarbakır kenti içme, kullanma ve endüstri suyu temini raporunda tahmin edilerek verilmiş bulunmaktadır (DSİ, 1991).

Bu maksatla evvela kentin uzun vadeli nüfus projeksiyonları yapılmış, daha sonra nüfus başına konutsal kullanım değerleri tahmin edilerek kentin su ihtiyaçları hesaplanmıştır. Konutsal su ihtiyacı için q (lt/kişi/gün) $= 85,53 \cdot e^{0,021t}$ formülü verilmiştir. Burada t 1985'ten itibaren yıl sayısını göstermektedir.

Kamu, ticaret su kullanımının konutsal su ihtiyacının %20 ile %25 mertebesinde olacağı, endüstri su kullanımı için ise istihdamdan hareketle, sanayi dallarına göre su ihtiyaçları tahmin edilmiştir.

Kentin gelecekteki nüfus projeksiyonları: Diyarbakır kentinin uzun vadede nüfusunun tayini için İller Bankası Yöntemi kullanılmıştır. İller Bankası Yöntemi içmesuyu projelerinin hazırlanmasında kullanılan yöntemdir. Bağıntısı;

$$P = \left[\sqrt[n]{\frac{Y_s}{Y_i}} - 1 \right] \times 100$$

$$a = t_s - t_i$$

$n = t_g - t_s$ olmak üzere;

$$Y_g = Y_s \left[1 + \frac{P}{100} \right]^n \quad \text{bağıntısı ile hesaplanır.}$$

Eğer; $P < 1$ ise $P = 1$

$P < 3$ ise $P = P$

$P > 3$ ise $P = 3$

Bu değerlendirmelere göre Diyarbakır kent nüfusu;

$$Y_s = 381.144$$

$$Y_i = 61.244$$

$$t_s = 1990$$

$$t_i = 1955$$

$$a = 1990 - 1955$$

$$P = \left[\sqrt[35]{\frac{381.144}{61.244}} - 1 \right] * 100$$

$$P = 5,36$$

$P > 3$ olduğundan $P = 3$ alınır.

izelge 3.5.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Derinlik ve erimleri

Yer	Yıl	Derinlik	Artezyen	Pompa	Statik Sev.	Dinamik sev.
7.Kolordu	1972	49,5		22	26,9	28,5
"	1994	325		8	32	140
705 Topçu Tb.	1967	108,2		5	19,6	69,6
8.Jet Üssü	1971	44,5		18	13,1	22,4
"	1975	150		1	55,1	142,6
Afet evleri	1988	400		8	33	68
Akaryakıt tesisi	1980	80		2,5	5,4	47,4
Anadolu lisesi	1978	79		1,2	32,6	48,03
"	1995	298		2,5	68	195
As. Ağ.Bak.	1990	29		10	6	19
Askeri Hastane	1960	107		0,3	23	24,5
Askeri Hava Alanı	1964	61,3		25	19,8	22,8
Bakkal ve Bayiler hali	1993	40		3	16	28
Batıkent yapı koop.	1994	337		9	160	240
ayındırılık ve iskan mü	1993	320		4	125	250
beden Terb. Spor Tes	1988	250		2	105	141
"	1974	113		4,5	2,7	30,1
Belediye	1987	500		2,5	68	140
Ticaret lisesi	1998	450		30	39	97,5
Bilge kışlası	1992	100		3,5	24	87
Anıt Park	1968	28		6	17,75	18,55
Ali Emiri arki	1965	104,7		2,5	4,95	7,17
Böl. Jand. Kom.	1993	331		5	18	185
İl Jand. Alay Kom.	1992	336		5	76	223
İl Sergi Parkı	1977	87		12	27,3	52
İller Bankası	1987	64		2,5	2,52	37,1
İplik Fabrikası	1975	60		5,7	31,8	35,8
Jand. Alay Kom.	1997	336		3	98	299
Jand. Bölge Kom.	1996	71		4	20	57
Jand. Grup Kom.	1997	324		5	104	161
Jand. Hava Tabur Kom	1988	57		7	3	14
Jand. Hava Grup Kom	1996	312		0,8	178	267
K.H.z. 8.Böl. Müd.	1990	404		20	90	160
Karacadağ PTT	1991			kuru		
Karakol Bahçesi	1997	123		3	33	105
Karaköprü	1965	263,7	7,18	11	Artezyen	54,31
Karayolları	1955	128		9,5	24,9	
Karayolları 9. Böl. Müd	1995	84		10	32	45
Karayolları Fidanlığı	1967	256		13,5	36,5	81,43
Kolordu	1956	72		7	30	45
Kolordu Zırhlı Tugayı	1957	94		7	18,72	35
K.Hiz. İl Müd.	1988	252		3	86	156
Kurdoğlu Kışlası	1992	340		6	38	160
Mehmetçik İlkokulu	1993	64		5	12	43
Meteris	1965	300	3,3	7,43	Artezyen	47,37
MİT Lojmanları	1994	324,5		5	125	197
Güldalı	1991	100		3,5	15	58
Kuyu sırtı	1992	72		6	1	20

izelge 3.5.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Derinlik ve erimleri

Sağlık Ocağı	1990	100		0,3	45	76
TPAO	1966	28,3		15	4,1	9,4
"	1965	101		0,05	81,9	94,3
Yolboyu	1990	114		8	26	96
"	1967	22		1,5	2,9	11,6
Zavra	1963	100		2,2	28,6	40,6
Zozinç	1955	300		Kuru		
207 Ağır Bak. Lojm.	1995	150		3	22	80
16.Mek. Tugayı	1981	73		0,3	2,52	60,52
169. Batarya	1960	187		1	8	17,5
2,Taktik Hv. K. K.	1988	110		1,4	28	102
"	1982	50		6,5	13,2	39,2
"	1981	58,8		2,8	34,6	43,2
"	1982	56		18	15,6	35,6
"	1981	52		8,5	9,8	27,8
"	1993	40		7	19	25
1. Ana Jet Üssü Kom.	1998	450		35	16	77
47. Piyade Taburu	1969	100		16,6	29,15	31,7
500 Evler	1994	140		6	60	110
"	1996	325		5	110	211
55. Piyade Alayı	1968	89,25		2,5	10,5	49,75
DSİ x. Bölge	1974	60		2,5	17,6	36
Et Balık Kurumu	1980	444		7	33	80
O.Hal Bl. Val.	1993	101		7	35	60
Toplu Konut	1996	400		10	64,5	70
"	1995	400		20	7	120
Uyandık	1990	62		12	14	14,5
Üç Kuyulu	1955	300		6	13,5	32
Üçkuyu	1991	110		7	18	67
Yatır	1986	202,9		6,5	132	153
Yeniköy	1993	77		25	16	60
"	1993	80		40	43,7	47
"	1994	75		18	25	60
"	1994	75		4	20	60
"	1994	500		23	84	146
Dicle vadisi	1994	400		35	44	79
"	1994	420		30	25	119
"	1995	400		45	18	72
DMO Böl. Müd.	1997	100		5	34	58
İller Bankası	1992	32		10	4	4,5
Yk. Ervanlı	1991	100		Kuru		
Yolaltı	1992	300		5,5	90	170
Botaş	1993	30		Kuru		
"	1993	26,4		Ölçülmedi		
Özekli	1972	176		0,4	21,3	50,3
Pulutarla	1997	217		5	98	121
Sarıcak	1969	100		0,2	8,9	78,2
Sarıkamış	1995	250		Kuru		
Seyrantepe(DSİ)	1969	36,5		5	7,35	8,6
"	1972	38		3	15,55	21

Tablo 3.5.c Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Derinlik ve Debitleri

"	1987	50		3,5	15,8	41
"	1997	450		8	68	209
Karayolları	1979	450		4	87,4	89
Otobüs Terminali	1990	246		1,2	62	152
PTT	1986	68		5	40	57,5
TEDAŞ	1997	400		30	73	134
TEK	1986	450		25	44,5	60
"	1979	147		1	18	71
Seyrantepe(DSI)	1990	40		6,5	9	22
"	1957	280		1,5	65	130
"	1992	316		15	36	133
D.B. İçmesuyu	1986	110		5	36	60
DSİ Makine İkmal	1975	242		2	88	108,5
"	1981	450		10	37,67	75,2
DSİ x. Bölge	1980	470		12	40	94
"	1969	45,5		4	19,4	20,3
"	1959	71,9		5	3	12
Böl. Jand. Kom.	1984	53		5	28	46
Ceza ve Tevkif Evi	1978	123		İptal		
Çaykur	1992	75		9	36,8	59,8
"	1981	75		2	34	46,7
Çelebi Eser B. Yat.	1993	41,5		6	12	27
Çocuk Yuvası	1986	129		2	26	94
Çukobirlik	1993	100		6	4	58
D. Valiliği Hiz. Binası	1991	102		3	8,3	76
Devlet Hava Mey. Müd.	1992	75		10	33,25	39,25
Dicle Üniversitesi	1988	370				
"	1977	350		51	Artezyen	56,1
"	1977	324		17,66	10,5	48,5
"	1977	324	18	22	Artezyen	54,8
"	1992	342		1,5	67	237
Dicle vadisi Silvan yolu	1995	400	4	40	40	79
"	1995	400		28	17	99
"	1995	400		40	40	53
"	1996	400		40	36,5	79,5
"	1995	400		45	35	60
"	1995	400		45	20	76
"	1996	400		40	43	113
Gevendere	1965	40		6	2,5	12
Geyiktepe	1956	251		11	5	
Girbelek	1997	208		8	61	133
Gözegöl	1969	15		1,5	3,5	11,1
GÖZELİ	1989	70		20	30	40
"	1989	70		40	29	53,5
"	1989	70		40	18,5	72,5
"	1986	68		18	27,4	53,4
"	1986	61		10	26,7	47
"	1986	68		30	24,9	41
"	1989	70		30	5	38
"	1989	70		25	34	42,7

zelge 3.5.d Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Derinlik ve Arzınları

"	1989	70		20	12	39
"	1989	70		25	33,5	53,5
"	1988	70		20	35	47,5
"	1985	50		35	20	35,5
"	1985	56		35	17,6	39,2
"	1985	56		50	3	20
"	1986	68		10	37	53
"	1986	64		25	25,2	36
"	1984	22		25	0,5	12
"	1984	20		11	0,7	15,1
"	1985	60		13	2,4	24,5
cle vadisi Silvan yolu	1995	400		40	41	93,43
"	1995	400		14	11	98
"	1979	372,7		14,19	Artezyen	74
"	1978	366,6		15	Artezyen	61
Diyarbakır Valiliği	1991	102		3	8,3	76
Doğu Yapı Koop.	1994	325,5		9	92	190
DSİ x. Bölge	1978.	40		3	20,5	23,6
"		34		0,7	14,5	19
"	1991	308,5		2,5	36,3	68,55
DSİ X Bölge Atölye	1994	111		2	18,3	57,1
E Tipi Cezaevi	1978	450		7	65,25	109,25
Ekinciler	1977	95		0,5	3,8	7,5
Fosfat Tesisi	1966					
Fuar sahası	1964	28		1,3	16	24
Göğüs Hastanesi	1991	48		3	25	26
Gülhat Yapı Koop.	1963	100		8	60	90
Yeniköy	1977	97,1		1,6	12	49
"	1983	100		6	53,75	68
"	1975	500		14	78	125
"	1994	74		20	42	47
Hava Alayı	1971	50		7,6	7,15	12,25
Hava Garnizonu	1963	53,9		7	8,3	31,3
Hava Yolları	1954	289		16,8	8,5	19
Yüzme Havuzu	1972	38		2,6	17,25	18,75
Zirai Araştırma	1984	350		5,8	Artezyen	122
"	1984	424		25	Artezyen	67
"	1981	450		12,5	Artezyen	61,75
"	1979	425		5	27,3	67,3
Zirai Don. Kurumu	1984	50		0,4	9,5	37,5
Zirai karantina	1975	50		6	20	24
Zirai Müc. Enst.	1969	22,3		15	2,8	6
Ziya Gökalp Lisesi	1994	92		7	26	77
Gözeli	1993	70		38	4,3	52
"	1993	70		90	1,9	10,8
"	1993	70		27	2,4	30
"	1993	70		60	3,48	18
"	1993	70		22	37,5	57,5
"	1993	77		40	9,8	40
"	1993	70		6	4,8	35

Diyarbakır kent nüfusunun genel nüfus sayımına göre 505.000 olarak belirlenmesi sonucunda yapılacak olan gelecekteki nüfus projeksiyonlarında revizyon yapılması zorunluluğu oluşmaktadır. Buna göre 1993 yılı itibariyle, Y_0 değeri 505.000 olarak hesaplara katılmaktadır.

1998 Yılı Nüfusu;

$$Y_{1998} = 505.000[1+3/100]^1 \quad Y = 520.150$$

2003 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2003} = 520.150[1+3/100]^5 \quad Y = 602.996$$

2008 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2008} = 602.996[1+3/100]^5 \quad Y = 699.038$$

2013 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2013} = 699.038[1+3/100]^5 \quad Y = 810.377$$

2018 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2018} = 810.377[1+3/100]^5 \quad Y = 939.449$$

2023 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2023} = 939.449[1+3/100]^5 \quad Y = 1.089.079$$

2028 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2028} = 1.089.079[1+3/100]^5 \quad Y = 1.262.541$$

2033 Yılı Nüfusu;

$$Y_{2033} = 1.262.541[1+3/100]^5 \quad Y = 1.463.632$$

35 yıl sonraki Diyarbakır kent merkezi nüfusu $N = 1.463.632$ olarak hesaplanır.

Çizelge 3.6 Diyarbakır Kentinin İller Bankası Yöntemine Göre Nüfus Tahmin Sonuçları

Yıllar	Nüfus
1993	505.000
1998	520.150
2003	620.996
2008	699.038
2013	810.377
2018	939.449
2023	1.089.079
2028	1.262.541
2033	1.463.632

Bir kentin içmesuyu ihtiyacı, o kentin tüm sakinlerinin bir günde kullandıkları su miktarı esas alınarak hesaplanır. Diyarbakır ili için bu değer;

$Q_{ort} = 200 \text{ lt/N.Gün}$ hesaplanmıştır. İller Bankası Yöntemine Göre;

$Q_{ih} = \text{Max.} Q_{gün} \times \text{Nüfus} / 60 \times 60 \times 24$ göre hesaplanarak Çizelge 3.6 da gösterilmiştir. Ayrıca SİMAŞ firmasının 1990-2025 yılları nüfus tahmini ve brüt su ihtiyacı hesap sonuçları da Çizelge 3.7' de verilmektedir.

Çizelge 3.7 Diyarbakır Kenti 2025 Yılı Nüfus Tahmini ve Brüt Su İhtiyacı Hesap Sonuçları (SİMAŞ, 1991).

Yıllar	Nüfus	Brüt Su İhtiyacı($\text{hm}^3/\text{yıl}$)
1990	390000	37,35
1995	495000	45,29
2000	605000	55,61
2005	735000	69,33
2010	885000	90,72
2015	1040000	115,47
2020	1200000	142,45
2025	1375000	168,66

Bu hesaplamalar neticesinde oluşan nüfus projeksiyonuna olağanüstü bir nüfusun eklenmesi söz konusu olacaktır. Bu nedenle kent nüfusuna 2000 yılından itibaren 100000 kişilik bir ilaveyle yeni bir nüfus projeksiyonu oluşturulmuş ve kişi başı tüketimler, kamu ve ticaret sektörü ihtiyacı için kabul edilen yüzdeler, endüstri suyu ihtiyacı değerleri ve şebeke kayıpları aynen muhafaza edilmek şartıyla kentin brüt su ihtiyacı aşağıya çıkarılmıştır.

Çizelge 3.8 Diyarbakır Kenti Yeni Nüfus Projeksiyonuna Göre Kişi Başı Tüketimler, Kamu-Ticaret Sektörü ve Endüstriyel Su İhtiyacı Değerleri(SİMAŞ, 1991).

Yıllar	Nüfus	I/G	Konutsal İh. hm ³	Kamu+Tic. İh. hm ³	Kayıp %	Endüstri İh. hm ³	Toplam hm ³
1990	390000	95	13,52	3,41	52	3,47	37,35
2000	705000	116	30,10	7,46	30	9,46	63,12
2010	979000	146	52,17	10,36	25	15,45	98,82
2020	1356000	173	85,62	17,32	25	21,13	158,38
2025	1602000	180	105,25	21,05	25	24,12	192,52

Çalışma sahasının mevcut içme suyu potansiyelinin 53,2 hm³/yıl olarak hesaplandığı göz önüne alınarak gelecekteki içme suyu ihtiyacının da 192,52 hm³/yıl olarak hesaplandığı bilindiğine göre oluşan içmesuyu ihtiyacı yüzey kaynaklarıyla temin edilecektir. Buda yeraltı içmesuyu kaynaklarının koruma zorunluluğunu ve mutlak koruma sahaslarının oluşturulmasının gerekliliğini önemle vurgulamaktadır.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Kuyulardan alınan su numunelerine ait, sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri kondüktivimetre, PH ölçümleri Phmetre, Bulanıklık Türbimetre ve Renk Kompratör kullanılarak fiziksel analizlere ait parametrelerin değerleri ölçülmüştür.

Kimyasal analizler, gravimetrik, titrimetrik, alev fotometresi, flamefotometre ve atomik adsorbsiyon spektrofotometresi ile yapılmıştır.

Analizler ve hesaplamalar İçme Suları Standartları (TSE, 1986) ve Su ve Atıksu Analizleri (Şengül ve ark,1998) adlı kitap dan yararlanılarak yapılmıştır.

Volümetrik analizler, adından da anlaşılacağı gibi, titrasyon sonucunda titre edici malzemenin ki, bu genelde bir asittir, harcandığı miktarın göz önüne alındığı analiz yöntemleridir. Spektrofotometre suda çözülmüş veya süspansiyon halde bulunan metal ,yari metallerin ve inorganik maddelerin konsantrasyonu nicel ölçen bir aygıttır.

Laboratuar çalışmalarında Yağ,Deterjan,Cu, NO₂-N, NO₃-N değerleri spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Alev (Flamefotometre) Fotometresi Analizlerinde, ısısı belli, duraylı bir alevin üzerine sıvı fazdaki örneği püskürtme esasına dayanır. Bilindiği gibi elementlerin enerji ile uyarıldıklarında yaymış oldukları ışığın şiddeti ve rengi onların ayırdedici özelliklerindedir.

Bu çalışma Na-K analizleri alev fotometresi kullanılarak yapılmıştır. Bu analizlerin örnekleri 25-50 kez seyreltilerek hazırlanmıştır.

İçmesuyundaki bakterilerin tayini için en yararlı yöntem Membran filtre yöntemidir. Membran filtre yöntemi,belirli bir hacimde numunenin (100 ml) veya seyreltilmiş numunenin 0,45 m gözenek çaplı membran filtreden süzülmesi esasına dayanır. Mikroorganizmalar filtre yüzeyinde kalır ve sonra membran filtre uygun bir besiyer ile doyurulmuş absorbent pad (emici membran filtre altlığı) üzerine konur. Petri kapları cam, plastik veya metal olabilir. Daha sonra petri kapları 44°C' de inkübe edilir. Belirli tür bakterilerin tanımlanması, kullanılan besiyer tipine, inkübasyon sıcaklığına, renge ve inkübasyon periyodu sırasında oluşan kolonilerin parlaklığına bağlı olarak yapılır. Bakteriler membran filtre üzerinde gözle görülür koloniler oluşturacak şekilde ürerler. Bu koloniler sayılarak 100 ml numunede bulunan bakteri sayısı tespit edilir.

4.2. Metot

4.2.1. Doğal Suların Sınıflaması

Doğal sular, suyun hidrolojik çevrimi esnasında saf H₂O olmaktan çıkar ve bünyelerine geçtikleri ortamlardan maddeler ekleyerek hareket ederler. Bu maddelerin miktarları ve cinsi pek çok bağımlı ve bağımsız değişkenlerin etkisi altındadır. Genel olarak sular kimyasal yönden, içme, tarım ve endüstride kullanılma özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

Bu çalışma sonucunda, suyun karakterlerini ve geçtiği ortamların özelliklerini incelemek amacıyla, kullanım özelliklerine göre sınıflamalar yapılmıştır.

Doğal suların kullanım özelliklerine göre sınıflamasının, temel amaçlarından biri de suların insan faaliyetleri için uygunluğunu araştırmaktır. Bunun için deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler suların kullanıma uygunluğunu araştırmak için kullanılır.

Kimyasal Sınıflama: Kimyasal sınıflama, yeraltı sularının kullanma amacına uygunluğu, su kalitesi ile litoloji arasında ilişki kurulması, suyun geçirdiği kimyasal değişmelerin tahmin edilmesi, birbiri ile ilişkili suların belirlenmesi, yeraltı suyu akım yönünün bulunması, kötü kaliteli su sınırının çizilmesi, kötü kalite sebeplerinin ortaya çıkarılması ve suyun özelliklerine bağlı olan muhtemel etkilerinin tahmin edilmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Piper Sınıflamasında, suları gruplandırmak ve tiplerini belirlemede kullanılan bir diyagram olup, bu bir eşkenar üçgenden ibarettir. Bu metotta iyonlar % değerleri ile diyagrama geçirilir. Anyonlar ve katyonlar için ayrı birer üçgen kullanılacağı gibi tek bir üçgene hem anyonlar hem de katyonlar da işaretlenebilir.

Anyonlar ve katyonlar ayrı ayrı üçgenlerde işaretlendikten sonra, bu iki noktadan, bir paralel kenara çizilen paralellerin kesiştiği nokta bulunarak, su tek bir nokta ile temsil edilmek üzere, bir eşkenar dörtgene taşınmış olur. Paralellerin kesiştiği nokta suyun % iyon bakımından kimyasal karakterini gösterir.

Eşkenar dörtgende suyu temsil eden noktanın bulunduğu bölge suyun ana karakterini gösterir. Bütün sular için noktalar işaretlendiğinde, aynı kökenli sular yaklaşık olarak aynı bölgede toplanır. Böylece üçgen diyagramlar suların tiplerini belirlemek yeraltı sularını gruplandırmakta faydalı olurlar. Piper ayrıca eşkenar dörtgen diyagramı dokuz bölgeye ayırmıştır. Bu bölgelerin hangi anlama geldiği aşağıda açıklanmıştır.

1. Bölgeye düşen bir suda $Ca^{++}+Mg^{++}>Na^{+}+K^{+}$ ise karbonatlı ve sülfatlı sulardır
2. Bölgede, $Na^{+}+K^{+}>Ca^{++}+Mg^{++}$ ise tuzlu ve sodalı sulardır.

3. Bölgede, zayıf asit kökleri($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$)>güçlü asit kökleri($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) olan sulardır.
4. Bölgede, $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ olan sulardır.
5. Bölgede, karbonat sertliği>karbonat olmayan sertlikteki sulardır. Böyle sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sulardır.
6. Bölgede, karbonat olmayan sertlik>, karbonat sertlikteki sulardır. CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sulardır.
7. Bölgede, karbonat olmayan alkaliliği>karbonat alkaliliği olan sulardır. NaCl , Na_2SO_4 ve KCl 'li sular.
8. Bölgede, karbonat alkaliliği> karbonat olmayan alkaliliği olan sulardır.
9. Bölgede, hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen sular bulunur.

Schoeller Sınıflaması: Schoeller'in yarı logaritmik diyagramında yatay eksene belirli aralıklar ile iyonlar sıralanır. Düşey eksen logaritmik ölçeklidir. Bir su örneği bu diyagramda gösterilirken her iyonun meq/l değeri kendine ait logaritmik eksende işaretlenerek elde edilen noktalar birleştirilir. Böylece bir su örneği, kırık çizgiler halinde temsil edilmiş olur. Bu grafikte sular, aritmetik eksenli grafiklerden daha sade bir şekilde görülür.

Ayrıca bu diyagramda birden fazla su bir arada gösterilebilir. Görünüşü sade ve anlaşılması kolaydır. Her iyonun değeri tek başına görülebildiği gibi iyonların birbirine oranları da bir bakışta görülebilir. Gerekirse Mg/Ca , SO_4/Cl gibi anlamlı bazı oranlar grafikten hesaplanabilir.

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

1. Yarı logaritmik diyagrama çizilen su analizlerinde, kırık çizgileri birbirine paralel sular, aynı tür formasyondan gelen sulardır.
2. Sodyum ve klorür değerleri birbirine yakın (Na^+ ile Cl^- değerlerini birleştiren çizginin eğimi küçük) ve hakim iyonlar ile HCO_3^- ise, su kalker formasyonlarından gelmektedir. Aynı şekilde, dolomit sularında da Mg^{++} değeri Ca^{++} eşit veya daha yüksektir.
3. Diyagramda sülfat değeri diğer iyonlara göre çok düşükse su sülfat indirgenmesine uğramış demektir.

4. Toplam tuz miktarı yeterince yüksek olduğu halde klorür ile sodyum değerleri bir hayli farklı ise, bu suda baz değişimi olmuş demektir. Böyle sular muhtemelen kilerle uzun süre temas ederek baz değişimine uğramıştır.

5. Diyagramda hakim anyon sülfat ve bikarbonat da kısmen düşük ise, böyle bir su fazlaca jips çözmüş demektir.

Schoeller diyagramında su örnekleri, klorür, sülfat ile karbonat miktarına, iyon baz değişimine ve anyon-kasyon derişimi ilişkilerine göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflama önem sırasına göre aşağıda yazılmıştır.

1. Klorür Derişimi

- Hiperklorürlü sular; Klorür miktarı 700 meq/l'den doygunluğa olan sular,
- Klorotalasik sular; Klorür miktarı 420-700 meq/l arasındaki sular. deniz suları bu sınıfa girer.
- Klorürce zengin sular; Klorür miktarı 140-420 meq/l arasındaki sular,
- Orta klorürlü sular; Klorür miktarı 40-140 meq/l arasındaki sular. Devamlı içilebilen sularda bulunabilecek en yüksek klorür miktarı 40 meq/l'dir.
- Oligoklorürlü sular; Klorür miktarı 15-40 meq/l arasındaki sular,
- Olağan klorürlü sular; Klorür miktarı 15 meq/l'den az sular. Yeraltı suları çoğunlukla bu gruba girer.

2. Sülfat Derişimi

- Hiposülfatlı sular; Sülfat miktarı 58 meq/l'den fazla sular. Deniz suyunda ortalama 58 meq/l sülfat bulunur.
- Sülfatlı sular; Sülfat miktarı 24-58 meq/l arasındaki sular. İçme sularında sülfat için üst sınır 24 meq/l'dir.
- Oligosülfatlı sular; Sülfat miktarı 6-24 meq/l arasındaki sular,
- Olağan sülfatlı sular; Sülfat miktarı 6 meq/l'den az sular. Yeraltı suları çoğunlukla 6 meq/l'den daha az sülfat çözerler. Suların sülfat sınıflamasında şöyle bir ayırım yapılabilir.

1. Sülfatça Doymunluğa Yakın Sular

$$[(rSO_4)(rCa^{++})]^{0.5} > 70 \text{ meq/l.}$$

2. Sülfatça Doymunluğun Altındaki Sular;

$$[(rSO_4)(rCa^{++})]^{0.5} < 70 \text{ meq/l. Yine burada iki durum sözkonusu olabilir.}$$

$$rSO_4 < rCa^{++}, rSO_4 > rCa^{++}$$

3. Karbonat+Bikarbonat Derişimi;

- a) Hiperkarbonatlı sular; $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ miktarı 7 meq/l'den fazla sular,
- b) Olağan karbonatlı sular; $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ miktarı 2-7 meq/l arasında bulunan sular. Genellikle yeraltı sularında bu değerler arasında karbonat ve bikarbonat bulunur
- c) Hiperkarbonatlı sular; $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ miktarı 2 meq/l'den az sular(Şahinci,1991).

4.2.2. İçme Suları Sınıflaması

Bir su örneğinin içmesuyu niteliğine uygun olup olmadığı, içerdiği fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreler yönünden, verilen standartlar ile karşılaştırılması yapılarak belirlenir. Bu karşılaştırmada önemli olan husus, verilen değerlerin esnekliğinin bilinmesi ve limit değerlere yakın durumlarda isabetli karar alınabilmesidir.

İçme ve kullanma suyunda aranan en önemli özellik sağlığa uygun olmasıdır. Bir suyun kirlenmesinin en büyük belirtisi içerdiği nitrit, amonyak ve organik maddedir. Laboratuardan gelen analiz raporunda bahis konusu olan suda nitrit ve amonyak çıkmışsa suyun kalitesi hakkında karar vermek için bakteriyolojik analizi gereklidir. Bir içme suyunda amonyağın mevcut, nitritin olmayışı bu suda kirlenmenin yeni olduğunu gösterir. Yapılan içme suyu analizlerinde bu aşamalara özellikle dikkat edilmiştir.

5. BULGULAR

Diyarbakır il merkezi ve üç ana içme suyu havzasını kapsayan bu tez çalışması üç aşamada tamamlanmıştır. Periyodik olarak araziden numuneler alınmış, laboratuvarda incelenmiş ve değerlendirilmesi için büro çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları Ocak 2000 tarihinden başlayarak Mayıs 2001 tarihleri arasında belirlenen 8 ay içinde ayda bir kez olmak üzere tekrarlanmıştır. Her ay yapılan arazi çalışmalarında Merkez, Gözeli, Silvan-Dicle yolu ve Yeniköy su havzalarından örnekler alınmıştır.

Bu araştırmanın bulgular kısmı; laboratuvar analizleri sonucu elde edilen verileri ve bu verilerin istatistiksel yöntemler yardımıyla değerlendirilmesiyle çizelgeler şeklinde gösterimini kapsamaktadır.

5.1 İçmesuyu Havzalarının Anyon-Katyon ve Diğer Parametreleri Ait Veriler

Çizelge 5.1 Merkez Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalama Değerleri

Örneğin alındığı yer:	Merkez				
Örnekleme tarihi:2000-2001					
İyon	mg/l	meq/l	%meq/l	T (°C)	20,92
Na ⁺	3,430	0,197	3,82	PH (-logH)	7,72
K ⁺	1,332	0,107	2,07	EC (mmhos/cm)	511,565
Ca ⁺⁺	62,270	3,115	60,44	Sertlik (Fr)	24,25
Mg ⁺⁺	21,085	1,735	33,66	SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)	0,56
Cl ⁻	23,320	0,657	10,06	F ₀ (Köpürme katsayısı)	20,52
HCO ₃ ⁻	243,800	4,875	74,63	% Na	5,89
SO ₄ ⁻	48,090	1,000	15,31		
Toplam katyon miktarı (meq/l)				5,154	
Toplam anyon miktarı (meq/l)				6,532	
Toplam iyon miktarı (meq/l)				11,686	

Çizelge 5.2 Güzeli Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalamala Değerleri

Örneğin alındığı yer:		Güzeli İçmesuyu Kuyuları(Ortak)			
Örnekleme tarihi:2000-2001					
İyon	Mg/l	meq/l	%meq/l	T (°C)	20,845
Na ⁺	2,460	0,105	4,51	PH (-logH)	7,965
K ⁺	0,627	0,051	2,17	EC (mmhos/cm)	230,71
Ca ⁺⁺	44,500	1,200	51,55	Sertlik (Fr)	10,8625
Mg ⁺⁺	11,810	0,973	41,77	SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)	0,66
Cl ⁻	11,220	0,319	12,07	F ₀ (Köpürme katsayısı)	10,45
HCO ₃ ⁻	109,900	2,200	83,36	% Na	6,68
SO ₄ ⁻	5,805	0,120	4,55		
Toplam katyon miktarı (meq/l)				2,328	
Toplam anyon miktarı (meq/l)				2,639	
Toplam iyon miktarı (meq/l)				4,967	

Çizelge 5.3 Sil.-Dic. Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalama Değerleri

Örneğin alındığı yer:		Silvan yolu-Dicle vadisi içme suyu kuyuları (ortak)			
Örnekleme tarihi:2000-2001					
İyon	Mg/l	meq/l	%meq/l	T (°C)	23,355
Na ⁺	5,005	0,220	3,72	PH (-logH)	7,555
K ⁺	0,268	0,022	0,36	EC (mmhos/cm)	601,35
Ca ⁺⁺	64,565	3,230	54,59	Sertlik (Fr)	28,375
Mg ⁺⁺	29,690	2,445	41,32	SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)	0,54
Cl ⁻	21,230	0,600	7,88	F ₀ (Köpürme katsayısı)	15,32
HCO ₃ ⁻	283,250	5,665	74,44	% Na	4,08
SO ₄ ⁻	64,580	1,345	17,67		
Toplam katyon miktarı (meq/l)				5,917	
Toplam anyon miktarı (meq/l)				7,610	
Toplam iyon miktarı (meq/l)				13,527	

Çizelge 5.4 Yeniköy Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalamala değerleri

Örneğin alındığı yer:	Yeniköy kuyuları (ortak)				
Örnekleme tarihi:2000-2001					
İyon	mg/l	meq/l	% meq/l	T (°C)	19,6
Na ⁺	2,920	0,127	4,81	PH (-logH)	7,95
K ⁺	0,300	0,018	0,68	EC (mmhos/cm)	294
Ca ⁺⁺	33,635	1,680	63,56	Sertlik (Fr)	12,4875
Mg ⁺⁺	9,930	0,818	30,93	SAR (Sodyum Ad. Oranı) (%)	0,70
Cl ⁻	25,150	0,710	18,91	F ₀ (Köpürme katsayısı)	9,28
HCO ₃ ⁻	139,500	2,790	74,30	% Na	5,49
SO ₄ ⁻	12,625	0,255	6,79		
Toplam katyon miktarı (meq/l)				2,643	
Toplam anyon miktarı (meq/l)				3,755	
Toplam iyon miktarı (meq/l)				6,398	

Çizelge 5.5 İçmesuyu Havzalarında Ölçülen Kirlilik Parametrelerinin 2000-2001 Yılına Ait Ortalama Değerleri

Kirlenmeyi belirten maddeler		MERKEZ	GÖZELİ	SİL. - DİC.	YENİKÖY
Bakteriyolojik	T.Coli (Sayı/100 ml.)	21	100	30	30
	F.Stept (Sayı/100 ml.)	8	20	0	0
İnorganik	NO ₂ -N (mg/l)	0,010	0,006	0,022	0,025
	NO ₃ -N (mg/l)	2,580	2,630	1,950	3,890
	NH ₃ -N (mg/l)	0,055	0,043	0,040	0,060
	Cu (mg/l)	0,005	0,048	0,038	0,005
Organik	Yağ (mg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00
	Det. (mg/l)	0,035	0,032	0,002	0,014

Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyunun potansiyeli açısından değerlendirildiği ve kalitesinin belirlendiği bu çalışmada , havzalardaki kuyulardan temin edilen suların, seçilen 8 ay boyunca yapılan analizlerinin sonuçları, parametreler cinsinden belirlenmiş ve çizelge haline getirilmiştir. Bu çizelgelerdeki (5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6) verilerden yararlanılarak, suların fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik açıdan değerlendirilmesi konuları araştırılmıştır.

Bu araştırma da İçmesuyu temin edilen kuyu sularının anyon- kation yüzdeleri (Çizelge 5.1, 5.2, 5.3, 5.4), bakteriyolojik, inorganik, organik kirlilik unsurları (Çizelge 5.5) ile fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik parametrelerinin değerleri (Çizelge 5.6) tespit edilmiştir.

Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyu kalitesinin belirlenmesi çalışmasında seçilen 8 ay boyunca alınan su örnekleri analiz edilerek içmeye uygunluğu,içerdiği fiziksel,kimyasal ve bakteriyolojik elemanlar yönünden,verilen standartlar ile karşılaştırılarak yapılmıştır.Elde edilen değerlerin tavsiye edilen ve maksimum değerlere yakınlığı araştırılmıştır.

Analizi yapılan su örneklerindeki parametre değerlerinin standartlara göre, farklı değerlerde tavsiye edilen ve maksimum değerlerle ifade edilmesi; örneğin pH değeri Avrupa Topluluğuna göre 6,5-8,5, WHO'ya göre 6,5-8,5, Türk içmesuyu Standartlarına göre 6,5-9,2 veya nitrat değeri Avrupa Topluluğuna göre 25 mg/l, WHO'ya göre 44 mg/l, Türk içmesuyu Standartlarına göre 45 mg/l değerleriyle ifade edilmiştir. Bu da standartlar arasında farklılıkların mevcut olduğunu göstermektedir.Dolayısıyla içmesuyu standartlarıyla karşılaştırma yapılırken oluşturulan grafiklerin her standart (Türk içmesuyu Standartları, Dünya Sağlık Organizasyonu, Avrupa Topluluğu) için oluşturulması gereklidir.

Çizelge 5.6 İçmesuyu Havzalarındaki Kuyulara Ait Sekiz Aylık Analiz Sonuçları

SICAKLIK (T °C)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	25,08	20	20	16,1
Nisan	22,93	26,1	26,1	17,8
Temmuz	23,1	30,7	30,7	29,8
Eylül	24,85	25,1	25,1	25,1
Kasım	21	18	18	18,7
Ocak	16,8	17,2	17,2	14,9
Nisan	19,53	21,9	21,9	18,8
Mayıs	20,84	24,6	24,6	19,4

PH (-log H)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	7,93	8,6	7,8	8,4
Nisan	7,98	8,36	7,6	8,27
Temmuz	7,94	8,2	7,6	8,3
Eylül	7,9	7,6	8,3	7,7
Kasım	7,67	7,9	7,43	7,83
Ocak	7,64	7,81	7,41	7,71
Nisan	7,6	8,1	7,3	7,9
Mayıs	7,52	7,7	7,3	7,8

EC (mmhos/cm)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	503	205	565	299
Nisan	550	224	628	332
Temmuz	573,3	195,1	550	297
Eylül	644	328	605	256
Kasım	514	242	649	324
Ocak	509	222,3	552	275
Nisan	533	238	615	289
Mayıs	503,3	232	624	294

Çizelge 5.6 devamı

BULANIKLIK (Turb)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	1,54	1,54	1,2	1,2
Nisan	1,25	1,25	0,6	0,7
Temmuz	1,35	1,35	0,8	0,8
Eylül	1,33	1,33	0,6	0,5
Kasım	0,95	0,95	0,6	0,2
Ocak	1,1	1,1	1,3	0,5
Nisan	1	1	0,6	0,5
Mayıs	1,73	1,73	1,2	0,5

RENK (Pt.Co)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	6	5	5	5
Nisan	5	5	5	5
Temmuz	5	5	5	5
Eylül	5	5	5	5
Kasım	6	5	5	5
Ocak	5	5	5	5
Nisan	5	5	5	5
Mayıs	5	5	5	5

NH ₃ -N (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	0,09	0,021	0,019	0,037
Nisan	0,03	0,014	0,0015	0,001
Temmuz	0,03	0,053	0,05	0,06
Eylül	0,05	0,06	0,005	0,125
Kasım	0,006	0,023	0,13	0,12
Ocak	0,31	0,063	0,05	0,1
Nisan	0,03	0,03	0,004	0,02
Mayıs	0,054	0,04	0,04	0,04

Çizelge 5.6 devamı

NO ₂ -N (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	0,008	0,005	0,002	0,12
Nisan	0,006	0,004	0	0,067
Temmuz	0,004	0,006	0,0015	0,001
Eylül	0,017	0,007	0,001	0,003
Kasım	0,004	0,004	0,005	0,006
Ocak	0,005	0,007	0,05	0,006
Nisan	0,004	0,005	0,004	0,007
Mayıs	0,007	0,005	0,04	0,011

NO ₃ -N (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	2,97	2,8	2	7,8
Nisan	2,77	2,4	2,9	3
Temmuz	2,85	2,2	3	2,9
Eylül	2,93	2	3	3,1
Kasım	3,5	2	0,9	2,6
Ocak	0,45	2,61	0,5	3,15
Nisan	3,7	2,2	2,4	3,7
Mayıs	2,3	1,3	1,3	4,1

Cl (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	17,85	10,33	16,33	14,2
Nisan	16,87	10,65	13,49	0,45
Temmuz	19,17	13,49	17,75	16,68
Eylül	20,37	15,62	18,46	17,75
Kasım	29,8	7,8	14,91	13,1
Ocak	23,7	10,88	29,82	10,65
Nisan	27,43	11,6	16,5	12,07
Mayıs	26,1	10,65	31,9	14,2

Çizelge 5.6 devamı

HCO ₃ ⁻ (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	282,14	120	265	135
Nisan	208,3	105	300	159,5
Temmuz	290	92,5	258	134
Eylül	297,5	155	290	120
Kasım	257,5	115	315	160
Ocak	251,5	100,7	300	142,5
Nisan	258,3	117,5	264	135
Mayıs	241,4	113,5	292,5	140

SO ₄ ⁻ (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	52	1	21	2,3
Nisan	54,66	0	70	22
Temmuz	48	3	28	9
Eylül	72,75	6	70	9
Kasım	36	0	102	20
Ocak	42	8,25	120	11
Nisan	68,2	3,4	39	14,5
Mayıs	43,7	0	60	2

Na (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	7,81	2,94	6,13	3,48
Nisan	9,26	3,04	6,6	3,75
Temmuz	4,8	2,78	5,45	3,2
Eylül	5,45	1,26	3,62	3,18
Kasım	3,19	2,29	4,48	2,43
Ocak	3,8	2,38	5,27	2,51
Nisan	3,26	2,5	4,73	2,66
Mayıs	3,7	2,49	4,84	2,68

Çizelge 5.6 devamı

K (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	0,615	1,51	0,94	1,11
Nisan	0,29	2,24	0,24	0,26
Temmuz	0,33	0,32	0,21	0,37
Eylül	0,51	0,3	0,17	0,2
Kasım	0,2	0,25	0,19	0,19
Ocak	0,2	0,35	0,08	0,22
Nisan	0,17	0,92	0,18	0,24
Mayıs	0,16	0,23	0,21	0,2

Ca (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	63,67	16	60	26
Nisan	55,33	18	80	33,6
Temmuz	78	24	63,8	36,2
Eylül	73	30,6	57,8	28
Kasım	65	24,4	58	36
Ocak	72,9	25,05	71	33
Nisan	75,8	22,6	60	40
Mayıs	63,4	28,2	65,6	32,8

Mg (mg/l)				
AYLAR	MERKEZ	GÖZELİ	SİL.-DİC.	YENİKÖY
Ocak	21,14	12,15	27,94	17,01
Nisan	17,01	14,58	24,42	0,12
Temmuz	18,83	7,89	23,9	9,72
Eylül	28,16	19,4	35,3	12,27
Kasım	13,88	13,1	41,3	17,01
Ocak	16,75	10,21	30,3	13,3
Nisan	17,27	13,4	27,7	8,5
Mayıs	20,09	10	31,2	14,9

5.2 İçmesuyu Havzalarına Ait İstatistiksel Veriler

Çalışma alanındaki içmesuyu havzalarındaki kuyulardan alınan su örneklerinde, incelenen parametre değerlerine varyans ,korelasyon ve regresyon analizleri uygulanmıştır. Yapılan varyans analizlerinde her parametre için havzalar ve aylar arası fark olup olmadığı,eğer varsa hangi havza ve aylar arası fark olduğu (Çizelge 5.7); Korelasyon ve regresyon analizlerinde parametrelerin değişiminin birbirlerinden nasıl etkilendiği (Çizelge 5.8, 5.9) belirlenmiştir.

Çizelge 5.7 Araştırma Alanındaki Havzalarda İncelenen Parametrelerin Varyans Analizleri

Parametre	Aylar	Havza
PH	**	**
İletkenlik	*	**
Klor(Cl)	*	*
Amonyak Azotu(NH ₃ -N)	*	*
Nitrit(NO ₂ -N)	*	**
Nitrat(NO ₃ -N)	*	***
Bikarbonat(HCO ₃ ⁻)	****	*
Sülfat(SO ₄ ⁻)	*	***
Sodyum(Na ⁺)	**	***
Potasyum(K ⁺)	*	*
Kalsiyum(Ca ⁺⁺)	****	*
Magnezyum(Mg ⁺⁺)	****	*

* :Denemeler arasındaki farklılık önemli değildir.

** : Denemeler arasındaki farklılık önemlidir.

*** : Denemeler arasındaki farklılık çok önemlidir.

**** : Denemeler arasındaki farklılık ileri düzeyde önemlidir.

Çizelge 5.8 Araştırma Alanındaki Havzalarda İncelenen Parametrelerin Regresyon Analizleri

Parametre	Merkez		
	Belirtme Katsayısı	Belirsizlik Katsayısı	Doğrusallık Testi
PH-EC	27,2	72,8	F=0,85 P>0.05 n.s
Na-K	35	65	F=0,70 P>0.05 n.s
Ca- Mg	3,9	96,1	F=1,12 P>0.05 n.s

Parametre	Gözeli		
	Belirtme Katsayısı	Belirsizlik Katsayısı	Doğrusallık Testi
PH-EC	43,7	56,3	F=0,66 P>0.05 n.s
Na-K	36,2	63,8	F=0,74 P>0.05 n.s
Ca- Mg	3,5	96,5	F= 1,13 P>0.05 n.s

Parametre	Sil.-Dic.		
	Belirtme Katsayısı	Belirsizlik Katsayısı	Doğrusallık Testi
PH-EC	2,7	97,3	F=1,14 P>0.05 n.s
Na-K	21,2	78,8	F=0,94 P>0.05 n.s
Ca- Mg	29,3	70,7	F=0,82 P>0.05 n.s

Parametre	Yeniköy		
	Belirtme Katsayısı	Belirsizlik Katsayısı	Doğrusallık Testi
PH-EC	27,3	72,7	F=0,85 P>0.05 n.s
Na-K	23,2	76,8	F=0,91 P>0.05 n.s
Ca- Mg	11,7	88,3	F=1,03 P>0.05 n.s

P>0.05n.s:Doğrusal olarak alınması uygundur.

P<0.05 * : Doğrusal olarak alınması uygun değildir.

Çizelge5.9 Araştırma Alanındaki Havzalarda İncelenen Parametrelere Ait Çoklu Regresyon ve Korelasyon Analizleri

Merkez İçme suyu havzası çoklu regresyon ve korelasyon Analizleri				
Y ile X1 arasındaki Korelasyon Katsayısı	Y ile X2 arasındaki İlişki Katsayısı	X1 ile X2 arasındaki İlişki Katsayısı	Kısmi İlişki Katsayıları	Çoklu korelasyon katsayısı
RX1Y=-0,006 t=-0,15 SD=6 P>0.05n.s	RX2Y=-0,92 t=-5,74 SD=6 P<0.001***	RX1X2=3,74 t=0,091 SD=6 P>0.05n.s	RYX1X2=-0,156 t=-0,353 SD=5 P>0.05n.s RYX2X1=-0,920 t=-5,24 SD=5 P<0.001***	RYX1X2=0,920
Gözeli İçme suyu havzası çoklu regresyon ve korelasyon Analizleri				
RX1Y=-0,444 t=-1,213 SD=6 P>0.05n.s	RX2Y=-0,132 T=-0,326 SD=6 P>0.05n.s	RX1X2=0,207 t=0,517 SD=6 P>0.05n.s	RYX1X2=-0,457 t=-1,115 SD=5 P>0.05n.s RYX2X1=-0,046 t=-0,103 SD=5 P>0.05n.s	RYX1X2=0,446
Sil.-Dic. İçme suyu havzası çoklu regresyon ve korelasyon Analizleri				
RX1Y=0,169 t=0,42 SD=6 P>0.05n.s	RX2Y=-0,635 t=-2,011 SD=6 P>0.05n.s	RX1X2=-0,749 t=-2,77 SD=6 P<0.05 *	RYX1X2=0,33 t=0782 SD=5 P>0.05n.s RYX2X1=-0,778 t=-2,765 SD=5 P<0.05 *	RYX1X2=0,785
Yeniköy İçme suyu havzası çoklu regresyon ve korelasyon Analizleri				
RX1Y=-0,498 t=-1,408 SD=6 P>0.05n.s	RX2Y=-0,344 t=-0,897 SD=6 P>0.05n.s	RX1X2=0,817 t=3,474 SD=6 P<0.01 **	RYX1X2=-0,921 t=-5,283 SD=5 P<0.001 *** RYX2X1=0,127 t=0,286 SD=5 P>0.05n.s	RYX1X2=0,510

P>0.05n.s :Önemli ilişki yoktur.

P<0.05 * : Önemli düzeyde ilişki vardır.

P<0.01 ** : Çok önemli düzeyde ilişki vardır.

P<0.001 *** :İleri düzeyde ilişki vardır.

6. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Diyarbakır kenti yeraltı içmesuyunun potansiyel açıdan değerlendirildiği ve kalitesinin belirlendiği bu çalışmada , havzalardaki kuyu sularında, seçilen 8 ay boyunca yapılan bu araştırmanın sonuçları, aylar ve parametreler cinsinden belirlenmiş ve çizelge haline getirilmiştir. Bu çizelgelerdeki verilerden yararlanılarak, parametrelerin yıl içindeki değişimleri, bu değişimlerin nedenleri ve birbirine olan etkileri ile suların kullanma ve içmesuyu açısından değerlendirilmesi konuları araştırılmıştır.

6.1. Diyarbakır Yeraltı Suyunun Anyon-Katyon ve Diğer Parametrelerinin Yıllık Değişimleri

Seçilen 8 ay boyunca yapılan anyon-katyon ve diğer parametre ölçümlerinin değerleri çizelgelerle verilmiştir. Bu çizelgelere göre aylara karşılık gelen anyon-katyon ve diğer parametrelerin grafikleri incelendiğinde; Na^+ , K^+ nın Eylül –Kasım ayı itibariyle tüm havzalarda düşüş eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Ca^{++} , Mg^{++} iyonlarının ise tüm içmesuyu havzalarında yıl boyunca ortalama bir değerde ölçümler verdiği, yalnız Yeniköy içmesuyu kuyularında Nisan ayı ölçümlerinde Mg^{++} değerinin çok düşük değerler (0,12 mg/l) verdiği saptanmıştır. İçmesuyu temin edilen kuyulardan alınan su numunelerinde miktar olarak $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ sıralamasının izlendiği belirlenmiştir. Anyonlar için hazırlanan grafikler incelendiğinde ise Cl^- iyonu miktarı Temmuz ayı başlangıcı ile tüm havzalarda artış eğilimi göstermiştir. HCO_3^- iyonu miktarı ise Merkez içmesuyu havzasında Temmuz ve Eylül aylarında artış, Kasım ayıyla birlikte ortalama bir değerle kendini göstermektedir. Gözeli içmesuyu havzasında artış Eylül ayında oluşmakta ve Kasım ayında birbirine yakın bir değerle devam etmektedir. Silvan yolu-Dicle vadisi kuyularında artış Eylül ayında başlamakta, Ocak ayıyla birlikte ortalama değerine ulaşmaktadır. Yeniköy kuyularında ise Kasım ayında artış belirgin bir şekilde görülmekte Ocak ayıyla birlikte ortalama bir değere ulaşmaktadır. SO_4^- ise Merkez, Gözeli ve Silvan Yolu – Dicle vadisi kuyularında Eylül ayında belirgin bir artış göstermekte, Merkez ve Gözeli’de Kasım ayında, Silvan Yolu- Dicle vadisi kuyularında Nisan ayında düşüş seyrine geçmektedir. Yeniköy kuyularında ise Nisan ve Kasım aylarında belirgin bir artış göstermekte, Ocak ve Mayıs aylarında ise en düşük değerlerini vermektedir. Anyonların miktarlarının genel olarak $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^- > \text{Cl}^-$ sırasını takip ettiği görülür. Yalnız Gözeli ve Yeniköy kuyularında anyon miktarlarının $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- >$

SO₄⁻ sırasını takip ettiği belirlenmektedir. Bu da Gözeli ve Yeniköy kuyularının genel jeolojik formasyonunun aynı olmasından dolayı doğru bir saptamadır. PH tüm havzalardaki kuyularda en yüksek değerini Ocak ayında vermektedir. Gözeli kuyuları 8,6 değeri ile en yüksek değeri veren içmesuyu havzamızdır. EC, Merkez ve Gözeli'de en yüksek değerini Eylül, Silvan Yolu- Dicle vadisi kuyularında Kasım , Yeniköy kuyularında ise Nisan ayında vermektedir. Bulanıklık, Gözeli, Silvan Yolu –Dicle Vadisi ve Yeniköy kuyularında Ocak ayında, Merkez kuyularında ise Mayıs ayında en yüksek değerini vermektedir. Renk, tüm havzalardaki kuyularda 5 mg/l değerini, ölçülen aylar boyunca çoğunlukla vermiştir. Yalnız Merkez kuyularında Ocak ve Kasım aylarında 6mg/l ile en yüksek değerini vermiştir. NH₃-N, Merkez ve Gözeli kuyularında ocak ayında Silvan yolu – Dicle Vadisi kuyularında Kasım ayında, Yeniköy kuyularında ise Eylül ayında en yüksek değerini vermiştir. NO₂-N, Merkez ve Gözeli kuyularında Eylül ayında, Silvan yolu – Dicle Vadisi kuyularında Mayıs ayında, Yeniköy kuyularında Ocak ayında en yüksek değerini vermektedir. NO₃-N, Merkez ve Silvan yolu kuyularında Nisan ayında, Gözeli ve Yeniköy kuyularında Ocak ayında en yüksek değerini vermektedir.

6.2 İstatistiksel Bulguların Değerlendirilmesi

İçmesuyu havzalarındaki kuyulardan alınan su örneklerinde, incelenen parametre değerlerine varyans, korelasyon ve regresyon analizleri uygulanmıştır. Yapılan varyans analizlerinde her parametre için havzalar ve aylar arası fark olup olmadığı, eğer varsa hangi havza ve aylar arası fark olduğu; Korelasyon ve regresyon analizlerinde parametrelerin değişiminin birbirlerinden nasıl etkilendiği ortaya konulmuştur.

İstatistik analizleri BASIC dilinde yazılmış varyans, korelasyon ve regresyon analizi yöntemlerini içeren bilgisayar programları ile yapılmıştır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda belirli parametreler ile aylar ve havzalarda yapılan denemeler arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir.

İncelenen bazı parametrelerin birbirlerinden etkilenimleri şu şekilde ortaya konulmuştur;

PH ve EC 'nin Merkez içme suyu kuyularında % 27,2 'sinin, Gözeli içmesuyu kuyularında % 43,7'sinin, Silvan Yolu-Dicle Vadisi kuyularında % 2,7'sinin, Yeniköy içmesuyu kuyularında ise % 27,3'ünün birbirinden etkilendiği belirlenmektedir.

Na⁺ ve K⁺ 'nın Merkez içmesuyu kuyularında % 35'inin, Gözeli içme suyu kuyularında %36,2'sinin, Silvan Yolu-Dicle Vadisi içmesuyu kuyularında %21,2'sinin, Yeniköy içmesuyu kuyularında ise % 23,2'sinin birbirinden etkilendiği belirlenmektedir.

Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ un Merkez içmesuyu kuyularında % 3,9'unun, Gözeli içmesuyu kuyularında %3,5'inin, Silvan Yolu- Dicle Vadisi içmesuyu kuyularında %29,3'ünün, Yeniköy içmesuyu kuyularında ise % 11,7'sinin birbirinden etkilendiği belirlenmektedir.

NH₃-N,NO₂-N ve NO₃-N için yapılan analiz sonuçlarında ise şu bulgular elde edilmiştir. NH₃-N ve NO₂-N'nin Merkez ,Gözeli, Silvan Yolu-Dicle Vadisi, Yeniköy içmesuyu kuyularında ölçülen değerleri arasında ilişki yoktur.

NH₃-N ve NO₃-N'nin Gözeli, SilvanYolu-Dicle Vadisi, Yeniköy içmesuyu kuyularında ölçülen değerleri arasında ilişki yoktur. Yalnız Merkez içmesuyu kuyularında ölçülen değerleri arasında ileri düzeyde ilişki vardır.

NO₂-N ve NO₃-N'nin Merkez ve Gözeli içmesuyu kuyularında ölçülen değerleri arasında ilişki yoktur.Silvan Yolu-Dicle Vadisi içmesuyu kuyularında önemli düzeyde, Yeniköy içmesuyu kuyularında ölçülen değerleri arasında önemli düzeyde ilişki vardır.

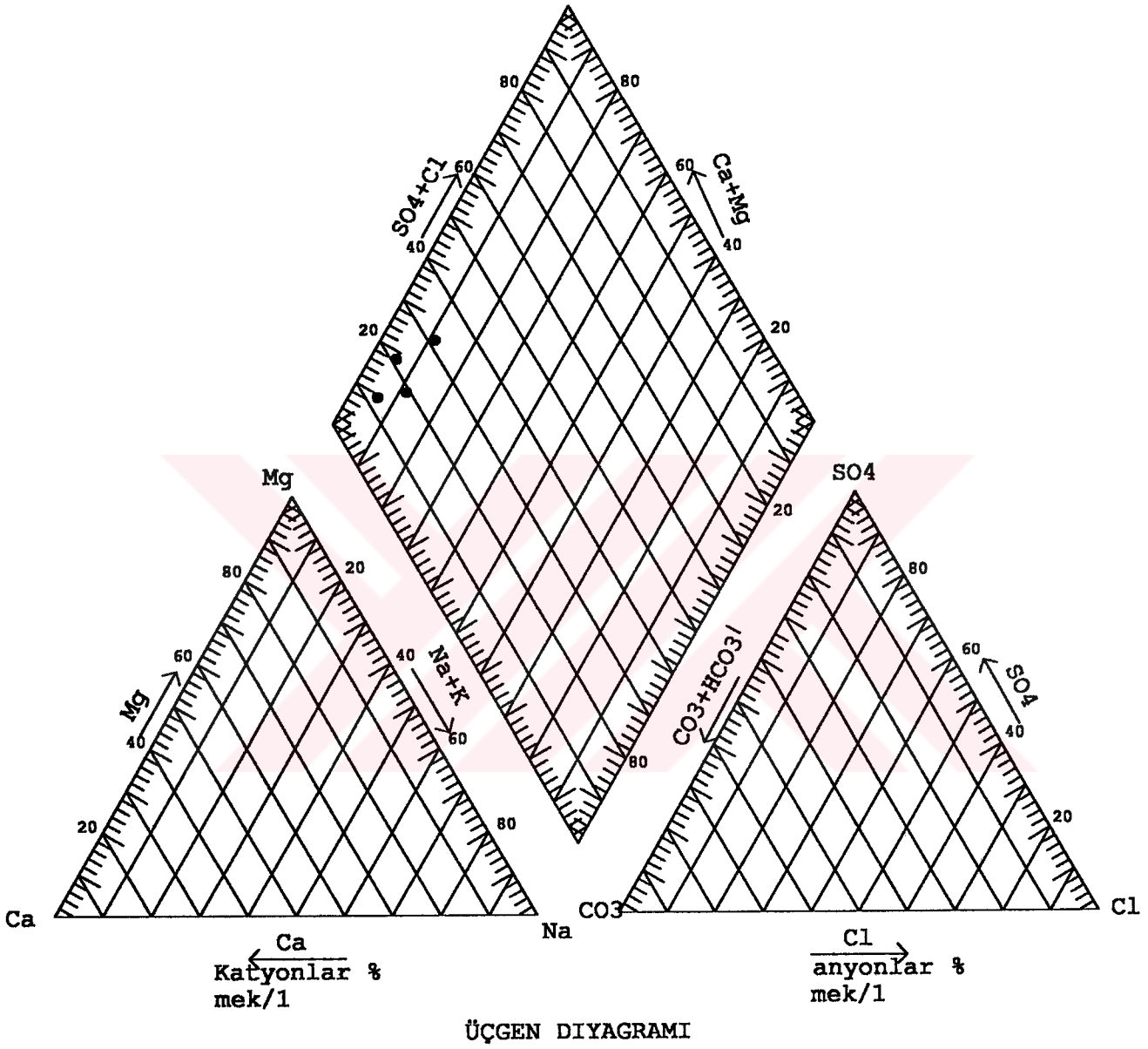
6.3. Yeraltı Sularının Piper Sınıflamasına Göre Değerlendirilmesi

Diyarbakır kentindeki 4 ana içmesuyu havzasındaki kuyu sularından alınan örneklerden ölçülen anyon-kasyonların yüzdeleri (Çizelge 5.1, 5.2, 5.3, 5.4) her havza için ayrı ayrı Piper üçgen diyagramında değerlendirilerek suların gruplandırılması ve tiplerinin belirlenmesine çalışılmıştır (Şekil 6.1).

Yapılan çalışmalarda, şehir merkezine su temin eden içmesuyu havzalarındaki kuyu sularının tamamının 5. Bölgede yer aldığı tespit edilmiştir. Bu kuyular 5. Bölgede yer aldığından, karbonat sertliği, karbonat olmayan sertliğinden fazla olan, kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat suları temsil eder. Ayrıca analiz sonuçlarının yaklaşık değerde ve aynı bölge içinde olması, bu havzalara ait suların kökenlerinin yada karışımlarının aynı olduğunu gösterir.

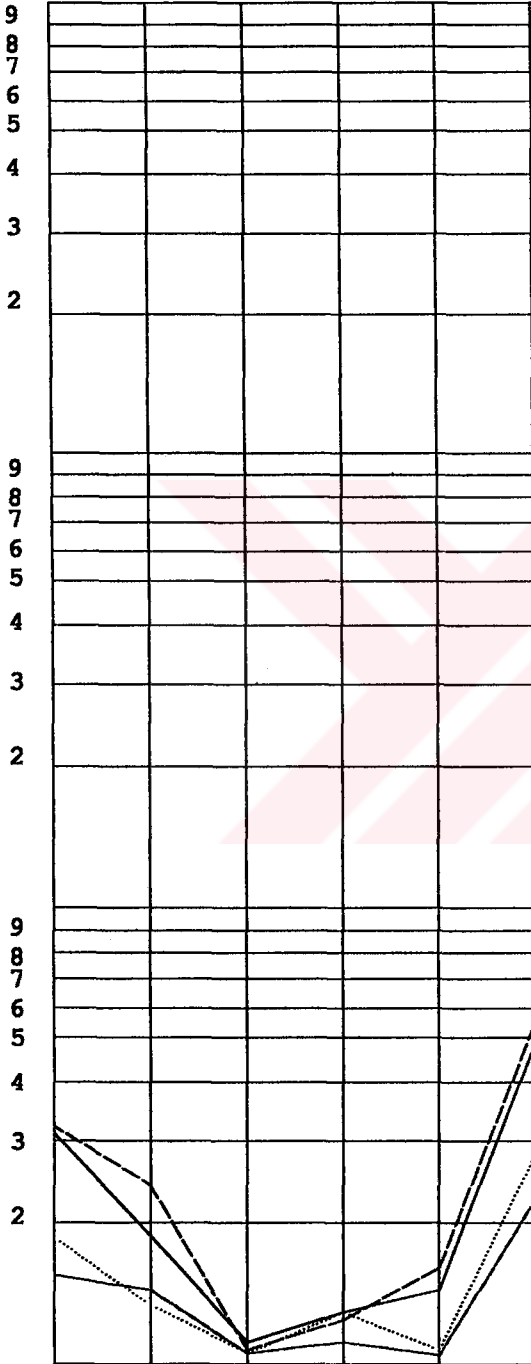
6.4. Yeraltı Sularının Schoeller Sınıflamasına Göre Değerlendirilmesi

Schoellerin yarı logaritmik diyagramı ile suları sınıflamak, kökenleri hakkında bilgi edinmek, iyonları arasındaki oranları belirlemek mümkündür. Anyon ve kasyonların yerleştirildiği diyagrama göre şu bulgular elde edilmiştir.



ekil 6.1 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin Piper Diyagramı

$r_{Ca^{++}}$ $r_{Mg^{++}}$ r_{Na^+} r_{K^+} r_{Cl} $r_{SO_4=}$ r_{CO_3-} r_{HCO_3-}



ISARET Symbol	NO	SU NOKTASI Water Point	EC
————	1	MERKEZ	511.57
- · - · - ·	2	GÖZELI	230.71
-----	3	SİL-DİC.	601.35
.....	4	YENİKÖY	294

DEGERLER Mek/ltcinsindedir
 Values in Meg/l

Şekil 6.2 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin Schoeller Diyagramı

$rCa^{++} > rMg^{++} > r(Na^+ + K^+)$ ve $rHCO_3^- > rSO_4^{--} > rCl^-$ 'dir ($r=meq/l$). İyonlarında miktarca bu sıralama belirlenmektedir. Yeniköy ve Gözeli kuyularında SO_4^{--} ve Cl^- iyonlarında yer değişikliği olmaktadır.

Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları ile HCO_3^- iyonunun zenginliği bu suların temasta olduğu birimlerin muhtemelen kalker birimleri, karbonatlı kayalar veya kireçtaşları ve bazalt kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Bazalt sularında katyon miktarları $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^+$ şeklinde olup başlıca Anyon bikarbonattır. İçmesuyu temin edilen havzalardaki kuyulardan alınan su numunelerinin analiz sonuçları bu değerlere uygun ölçümler vermektedir.

Türkiye de görülen genel eğilime uygunluk gösteren sular kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlıdır. Diyarbakır yeraltı içme suları bu literatürle uyumlu su tipleri vermektedir.

Yarı logaritmik diyagrama işlenmiş bir suyun analizine bakılarak, bazı yorumlamalar yapılabilir. Bunun için belirtilen şu hususlara dikkat edilmelidir.

1. Yarı logaritmik diyagrama çizilen su analizlerinde, kırık çizgileri birbirine paralel sular aynı tür formasyondan gelen sulardır. Diyagramda uyumsuzluk gösteren örneklerin ise, farklı karakterde bir beslenime sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir. Uyumsuzluk gösteren örneklerin iyon konsantrasyonlarına bakılarak azalma olduğu gözlenirse yağışlı bir günde alındığı belirlenmektedir.

2. Sodyum ve Klorür değerleri birbirine yakın ise ve örneklerdeki hakim iyonlar kalsiyum ve bikarbonat ise su kireçtaşından gelmektedir. Böyle bir suda kalsiyum değeri magnezyum değerinden yüksek miktarda ise, suların temas ettiği kalker muhtemelen karasal kökenli, bunun tersine ise denizel kökenlidir. İçmesuyu havzalarımızda bu değerlere bakıldığında Mıdyat formasyonundan su alan yerlerde hakim iyonların kalsiyum ve bikarbonat olduğu belirlenmiş ve kalsiyum değerinin magnezyum değerinden yüksek olduğu görülmüştür. Bu da havzalarımızdaki kuyu sularının temas ettiği jeolojik formasyonların kökeninin karasal olduğunu göstermektedir.

Kalsiyum iyonu miktarı içme suyu havzalarındaki kuyulardan alınan su numunelerinin % 'lerine bakıldığında oran olarak fazla görülmektedir. Bu da bazalt formasyonundan alınan suların iyonlarının miktar ağırlıkça kalsiyum iyonu içereceği şeklindeki literatür sonuçları ile uygunluk göstermektedir. Gözeli ve Yeniköy içmesuyu kuyularında bu değerler belirgin bir şekilde ölçülmüştür. Merkez ve Silvan Yolu-Dicle vadisi kuyularında ise biraz farklılık göstermekte, bu da kuyuların farklı formasyonlarla temasta olmasından kaynaklanmaktadır.

3. Diyagramda sülfat iyonu konsantrasyonu, diğer iyon konsantrasyonlarına göre düşük değerde ise su sülfat indirgenmesine uğramış demektir. İçmesuyu havzalarındaki kuyularda bu gözlenmemiştir.

4. Toplam tuz miktarı yeterince yüksek olduğu halde klorür ve sodyum değerleri bir hayli farklı ise bu suda baz değişmesi olmuştur. Tüm havzalardaki kuyularda bu gözlenmiştir.

5. Sular klorür değişimine göre tüm havzalardaki kuyularda olağan klorürlü sular sınıfına girmektedir. Yeraltı içme sularında çoğunlukla klorür miktarı, 10meq/l den az değerler vermektedir. Tüm havzalardaki kuyu suları bu değerle uyum göstermektedir.

6. Sülfat değişimine göre tüm havzalardaki kuyular olağan sülfatlı sular sınıfına girmektedir (Sülfat miktarı 6meq/l'den az). Suların sülfat sınıflamasında sular sülfatça doygunluğun altındadır. Yani $[(rSO_4^-) (rCa^{++})]^{0.5} < 70 \text{ meq/l}$ 'dir. Merkez , Gözeli ve Yeniköy içmesuyu kuyularında $r(SO_4^-) < r(Ca^{++})$ Silvan yolu Dicle vadisi içmesuyu kuyularında $r(SO_4^-) > r(Ca^{++})$ söz konusudur.

7. Sular Karbonat-bikarbonat değişimine göre olağan karbonatlı sular sınıfına girmektedir. Yeraltı içme sularında genellikle bu değerler arasında karbonat ve bikarbonat bulunur.

6.5. Suların Sanayide Kullanımı Açısından Değerlendirilmesi

Suların sanayide kullanımında özellikle kaynama esnasında su yüzeyinde biriken sodyum ve potasyum tuzlarından oluşan bir zar katmanından ileri gelen suların köpürmesi olayı su fişkırmalarına ve önemli miktarda su kaybına neden olur. Bu da endüstride kullanılan sularda buharlaşmayı ve kazan sistemlerini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle suların köpürme özelliğinin önceden bilinmesi alınabilecek önlemler açısından oldukça yararlıdır. Suların kaynarken köpürmesi (F_o) şu bağıntı ile hesaplanarak $F_o = 62rNa^+ + 78rK^+$ ($r = \text{meq/l}$) (Şahinci,1991).

Sularda $F_o < 60$ ise kaynarken köpürmeyen, $60 < F_o < 200$ ise kaynarken köpüren, $F_o > 200$ ise kaynarken çok köpüren su özelliğini yansıtır. Tüm yeraltı içmesuyu havzalarındaki kuyulardaki sular $F_o < 60$ ile kaynarken köpürmeyen sular sınıfına girmektedir.

6.6. Yeraltı Sularının İçmesuyu Sınıflaması Göre Değerlendirilmesi

Örneklerin içilebilirliği; Türk İçmesuyu Standartları , Dünya Sağlık Organizasyonu ve Avrupa Topluluğu Standartları Enstitüsünün yayınladığı çizelgeler ile parametrelerin ölçülen değerleri karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler TSE, WHO, AT' in içmesuyu

standartları ile karşılaştırıldığında (Şekil 6.3.a, 6.3.b, 6.3.c, 6.3.d, 6.3.e, 6.4.a, 6.4.b, 6.4.c, 6.4.d, 6.4.e, 6.5.a, 6.5.b, 6.5.c, 6.5.d, 6.5.e) şu sonuçlar elde edilmiştir.

1. Sıcaklık mevsime ve su örneğinin alındığı saate göre değişmektedir.

2. PH değeri; TSE, WHO, AT standartları için verilen değerleri aşmamaktadır.

3. İletkenlik değeri; TSE de yer almamakla birlikte AT, WHO standartları için 400-1000 mmhos/cm olarak verilmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda elde edilen değerlerin Merkez ve Silvan yolu-Dicle Vadisi kuyuları için tavsiye edilen miktarı geçtiği, Gözeli ve Yeniköy kuyuları için standartların belirttiği sınırlar içinde kaldığı belirlenmektedir.

4. Bulanıklık değerleri; TSE, WHO, standartları için verilen değerleri aşmamaktadır. Yalnız AT standartları için tavsiye edilen miktarı aştığı gözlenmiştir.

5. Renk değeri ;TSE, WHO ve AT standartları değerlerini geçmemektedir.

6. Amonyak azotu değeri; TSE hiç bulunmaması gerekirken, havzalardaki kuyu sularından alınan tüm örneklerde belirli bir düzeyde bulunmaktadır. WHO standartları açısından yalnız merkez kuyularının nisan ayı değerleri aşılmıştır. Tüm kuyularda 0.001-0,31mg/l arasındaki değerleri vermektedir.

7. Nitrit azotu değeri; TSE,WHO da hiç bulunmaması gerekirken havzalardaki kuyu sularından alınan tüm örneklerde belirli düzeyde bulunmaktadır. Özellikle Silvan yolu- Dicle Vadisi, Yeniköy kuyularında belirli bir miktarda ölçülmüştür. Bu değerler 0-0,067 mg/l arasında bulunmaktadır.

8. Nitrat azotu değeri; TSE' de yer almamakla birlikte WHO'da maksimum değeri belirtilmektedir. Tüm kuyulardan alınan örneklerde belirli düzeyde ölçülmüştür.

9. Klor değeri TSE, WHO ve AT standartlarının tavsiye edilen değer aralığını geçmemektedir.

10. Bikarbonat değeri; TSE, WHO ve AT standartları değerlerini Merkez , Silvan yolu- Dicle Vadisi, Yeniköy Kuyuları aşmakta, Gözeli kuyularında standartlara uygun değerler vermektedir.

11. Sülfat değeri; Gözeli ve Yeniköy kuyuları için TSE ve AT standartlarının tavsiye edilen değer aralığında ölçümler vermektedir. Merkez ve Silvan yolu- Dicle Vadisi kuyularında TSE ve AT için tavsiye edilen değer aralığını geçmektedir. Fakat maksimum değer aralığında tüm standartların altında değerler almaktadır.

12. Sodyum değeri; Tüm havzalardaki kuyularda standartların tavsiye edilen değerler aralığında ölçümler vermektedir

13. Potasyum değeri; Tüm havzalardaki kuyularda standartların tavsiye edilen değerler aralığında ölçümler vermektedir.

14. Kalsiyum değeri; Tüm havzalardaki kuyularda standartların tavsiye edilen değerler aralığında ölçümler vermektedir.

15. Magnezyum değeri; Tüm havzalardaki kuyularda standartların tavsiye edilen değerler aralığında ölçümler vermektedir.

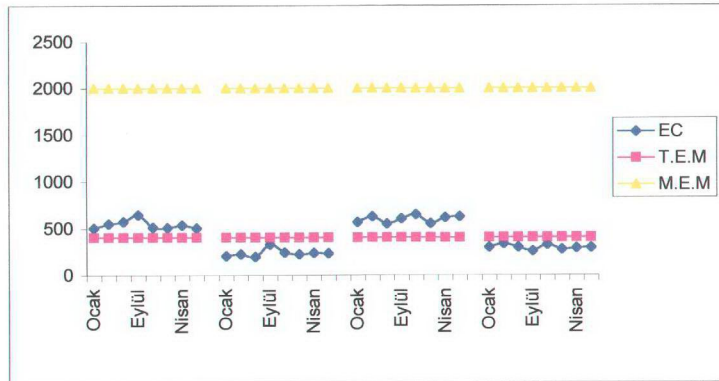
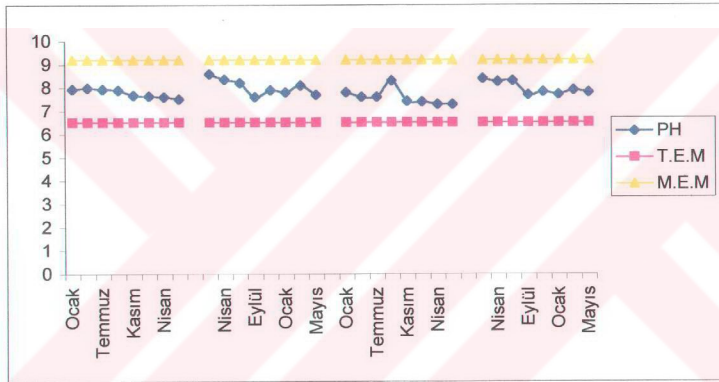
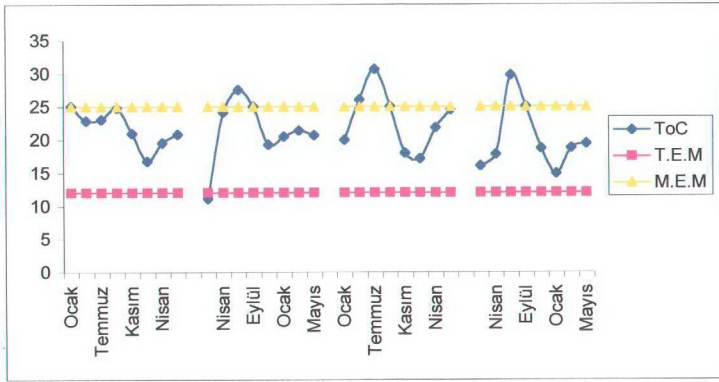
16. Bakır değeri; Tüm havzalardaki kuyularda WHO standartlarını geçmekte fakat TSE ve AT standartları için tavsiye edilen değerler aralığında ölçümler vermektedir.

17. Deterjan değeri; Tüm havzalardaki kuyularda standartların değerlerini geçmektedir. Fakat maksimum değer aralığını Silvan Yolu- Dicle Vadisi , Yeniköy kuyularında geçmekte Merkez ve Gzeli kuyularında maksimum değer aralığında ölçümler vermektedir.

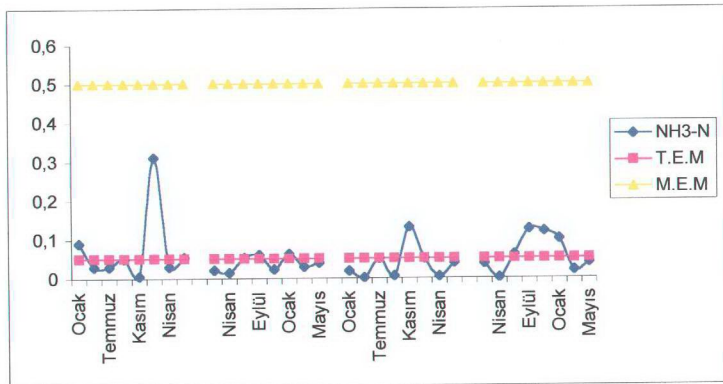
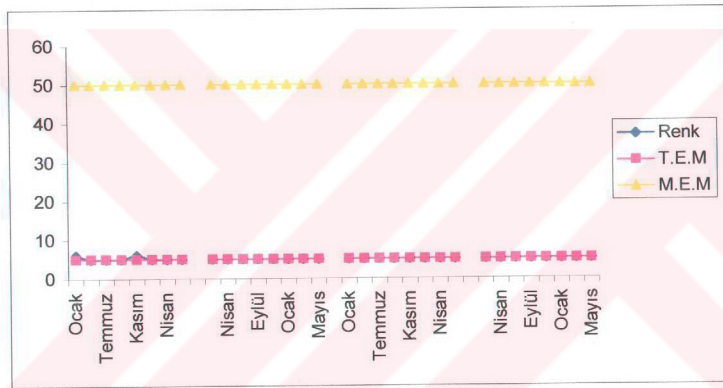
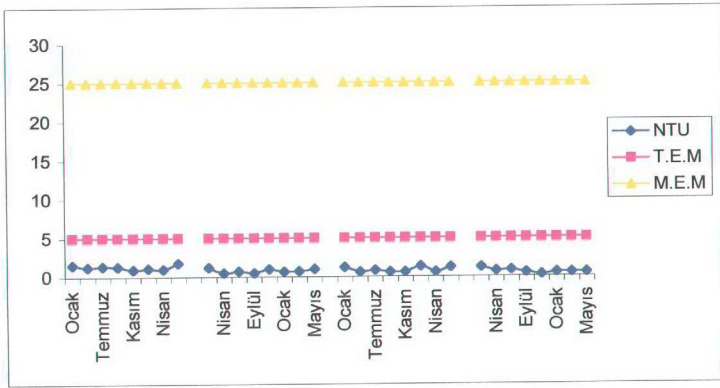
18. Yağ değeri; Tüm havzalardaki kuyularda tavsiye edilen ve maksimum değer aralığını çok üstünde değerler vermektedir.

19. T. Coli değeri; TSE standartlarında hiç bulunmaması gerekmektedir. Tüm havzalardaki kuyularda bu standardın üstünde değerler vermiştir. Özellikle Gzeli kuyularında 100sayı/100 ml değeri, Merkezde 21 sayı/100ml, Silvan Yolu- Dicle Vadisi, Yeniköy kuyularında ise 30 sayı/100ml değerlerini vermesi bakteriyolojik kirliliği çarpıcı bir Şekilde göstermektedir.

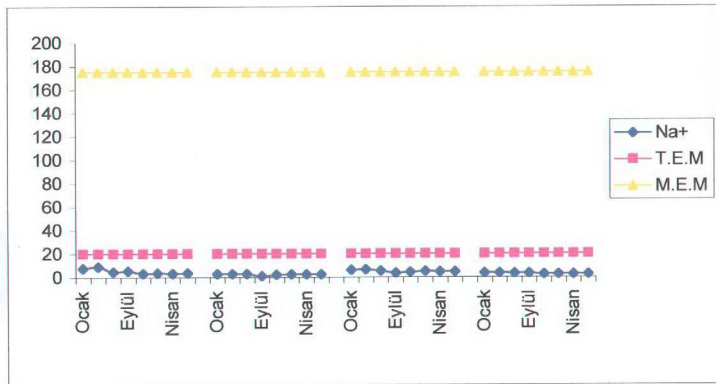
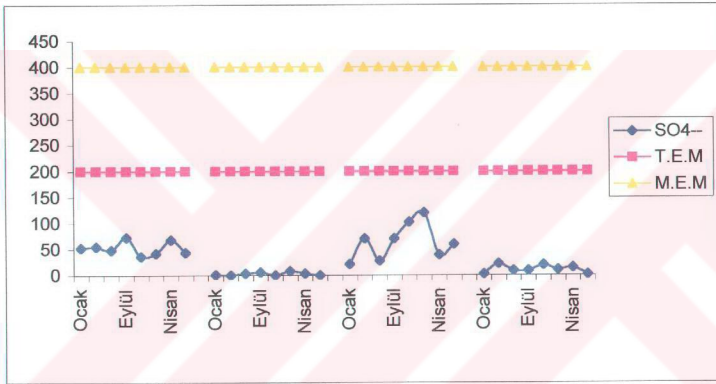
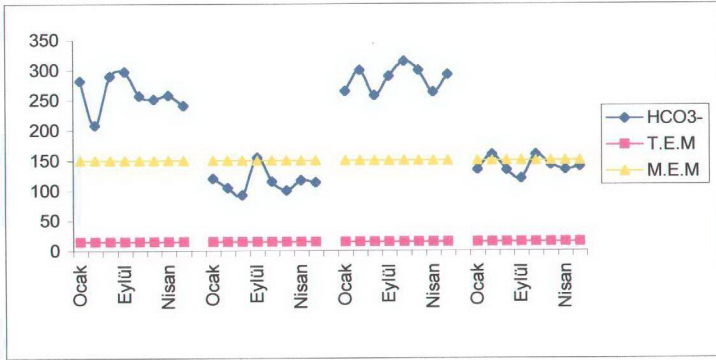
20. F. Strept değeri; Merkez ve Gzeli kuyu sularında standartların üzerinde ölçlmştir. Silvan Yolu- Dicle Vadisi ile Yeniköy kuyularında standartlara uygun değerler vermiştir.



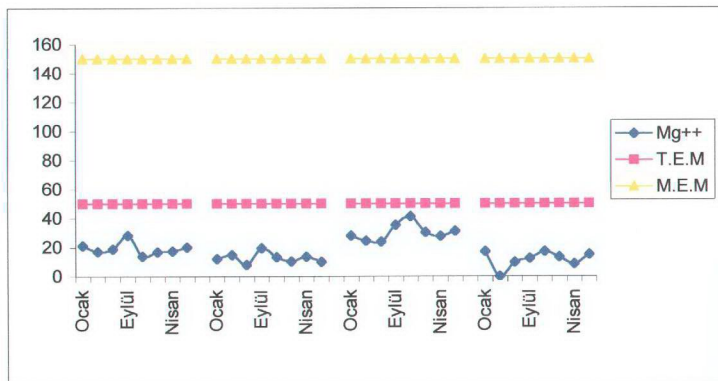
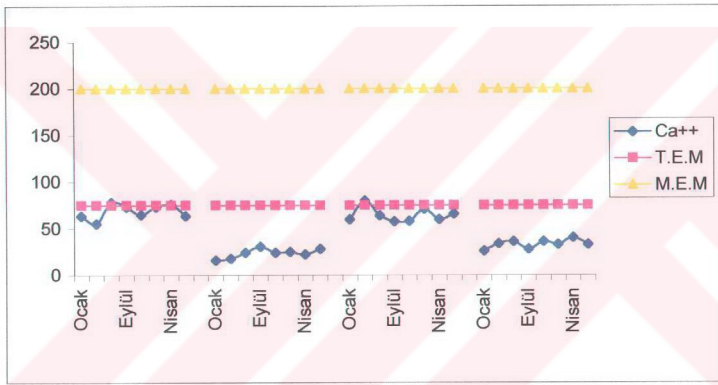
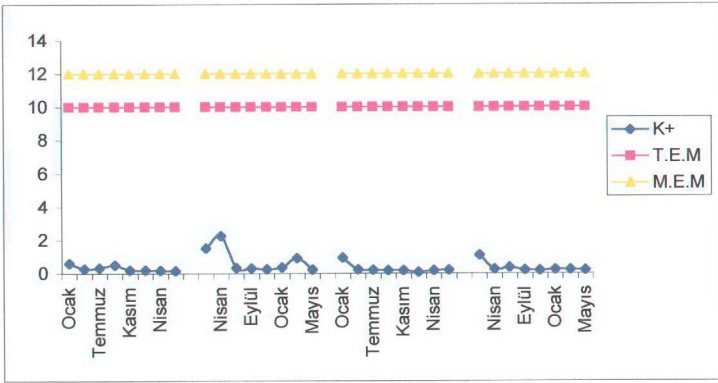
Şekil 6.2.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (ToC, PH, EC) Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması



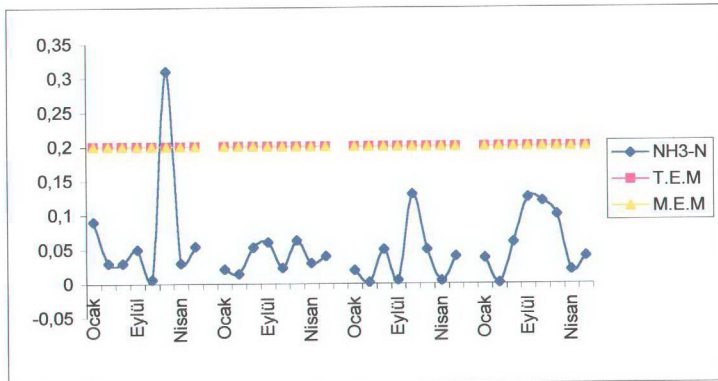
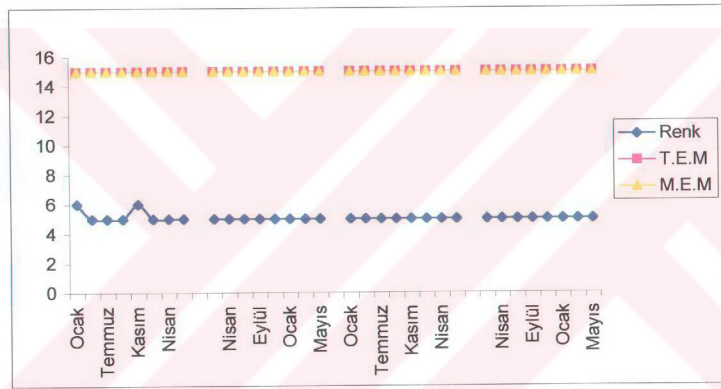
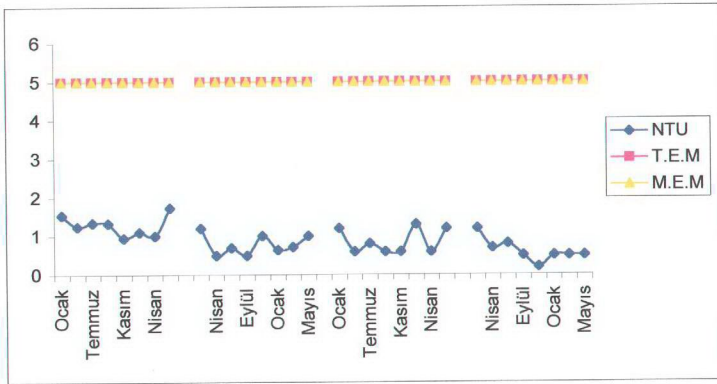
Şekil 6.2.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (Turb, Renk, NH₃-N) Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması



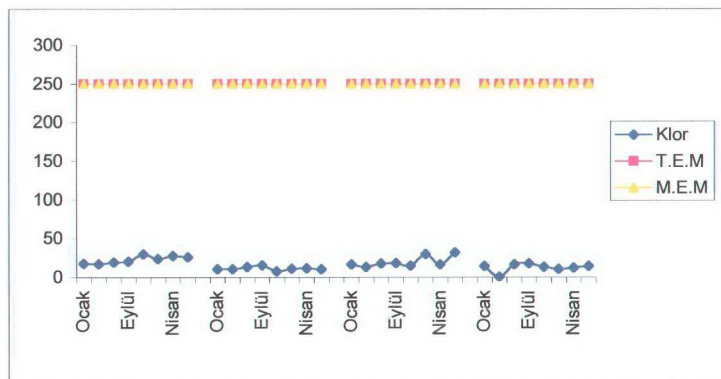
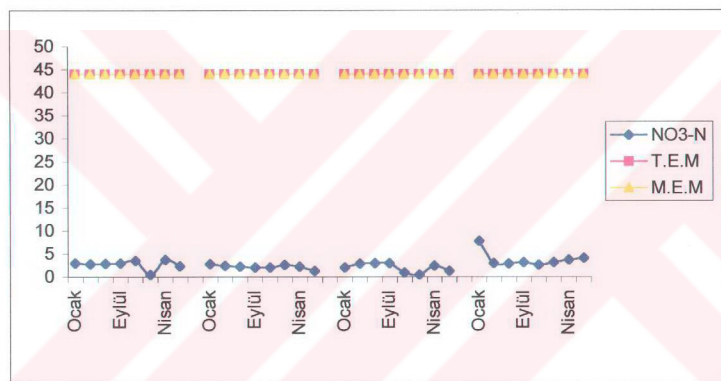
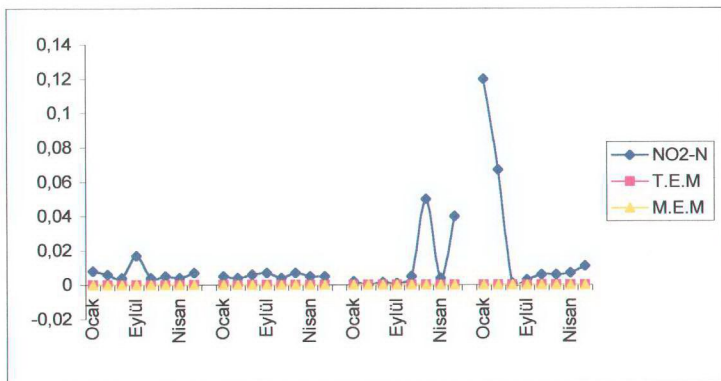
Şekil 6.2.d Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (HCO₃⁻, SO₄⁻⁻, Na⁺) Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması



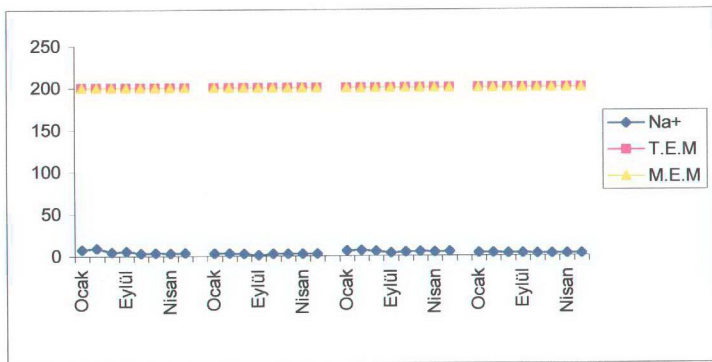
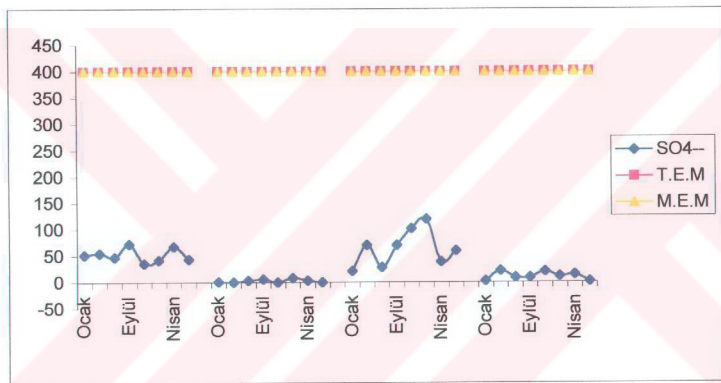
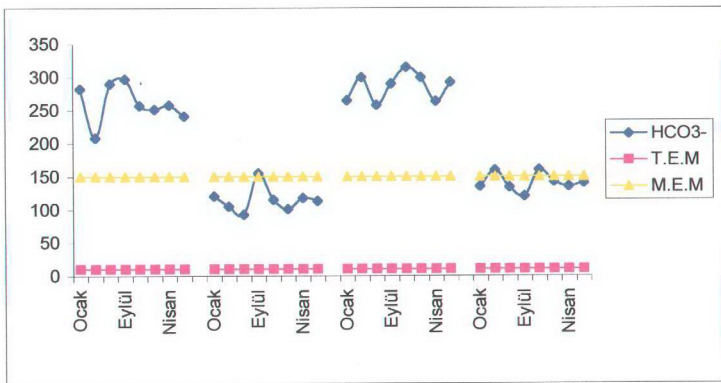
Şekil 6.2.eDiyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (K⁺,Ca⁺⁺,Mg⁺⁺) Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması



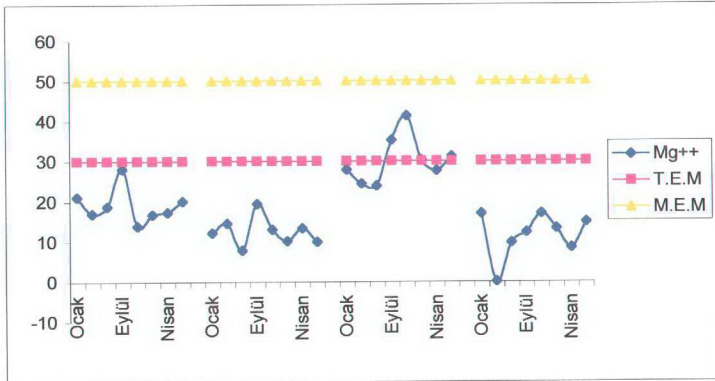
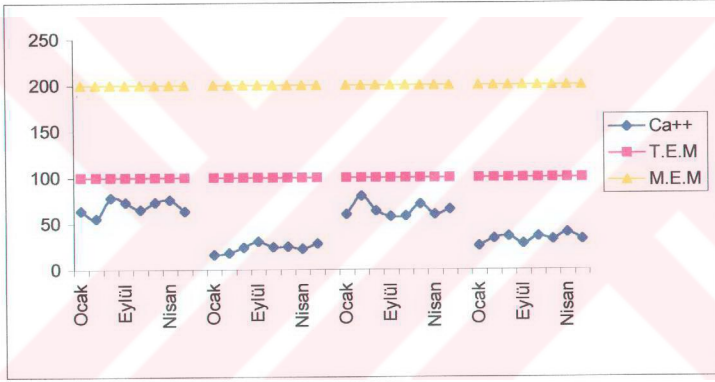
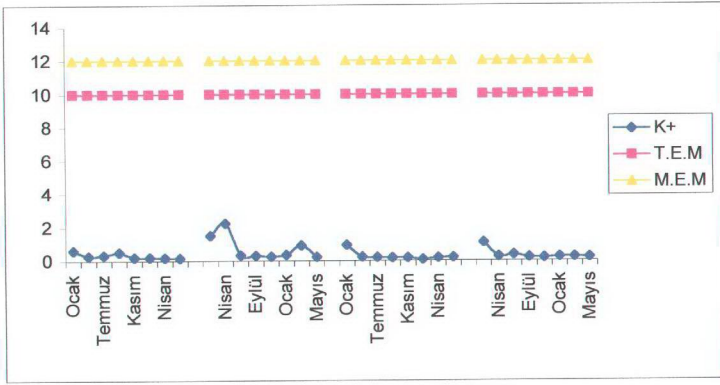
Şekil 6.3.b Diyarbakir Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (NTU, Renk, NH3-N) Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması



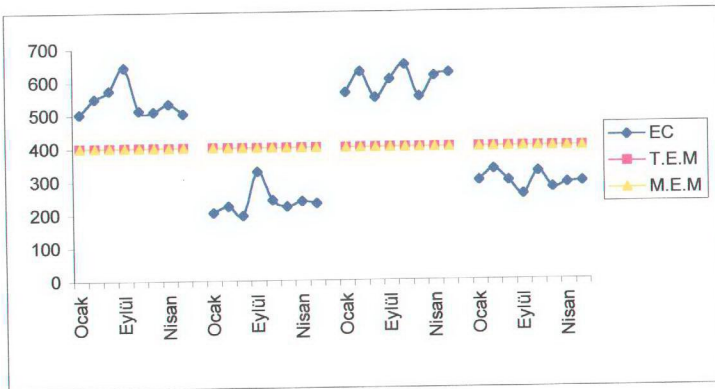
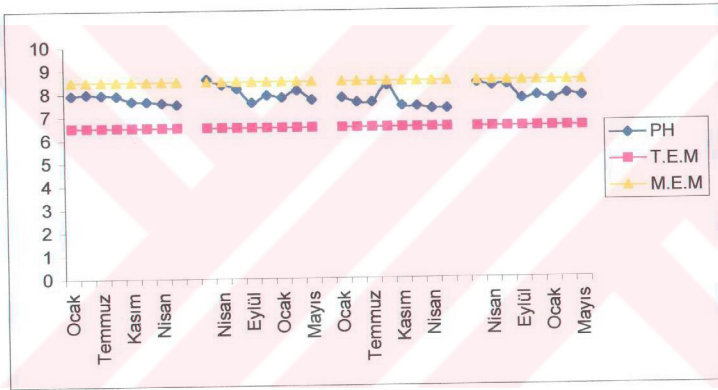
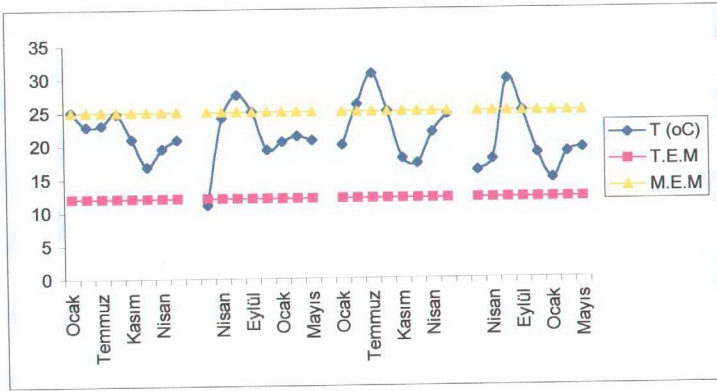
Şekil 6.3.c Diyarbakir Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (NO₂-N,NO₃-N,Klor) Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması



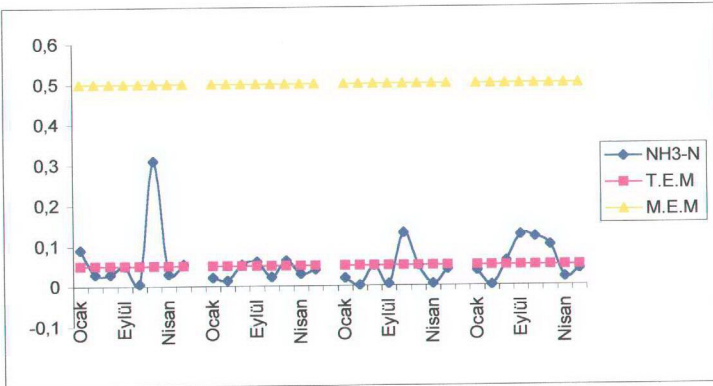
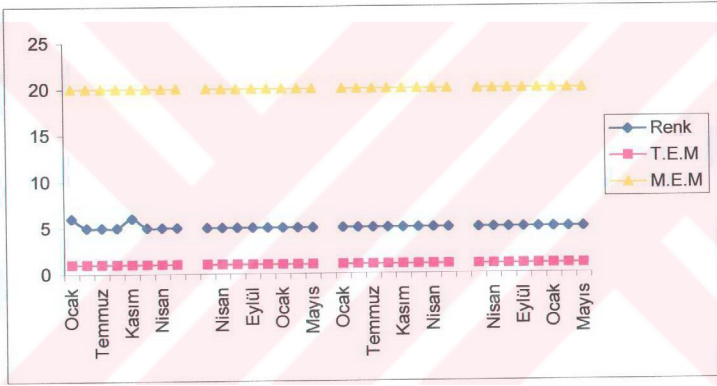
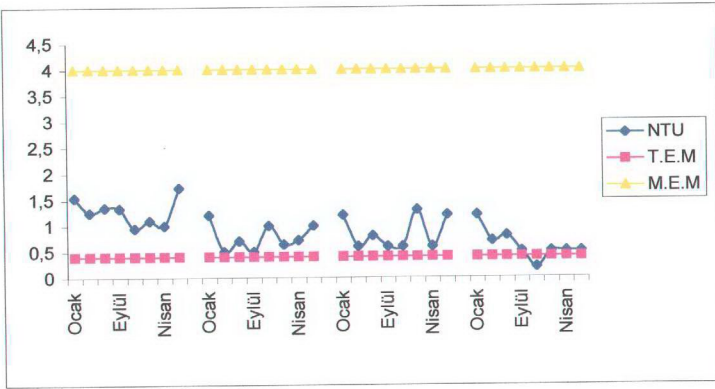
Şekil 6.3.d Diyarbakir Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (HCO_3^- , SO_4^- , Na^+) Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması



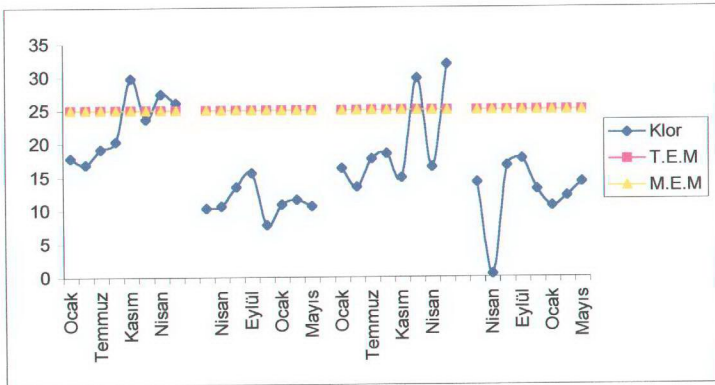
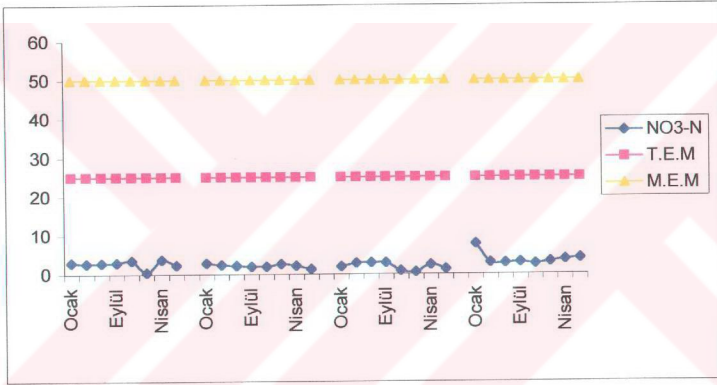
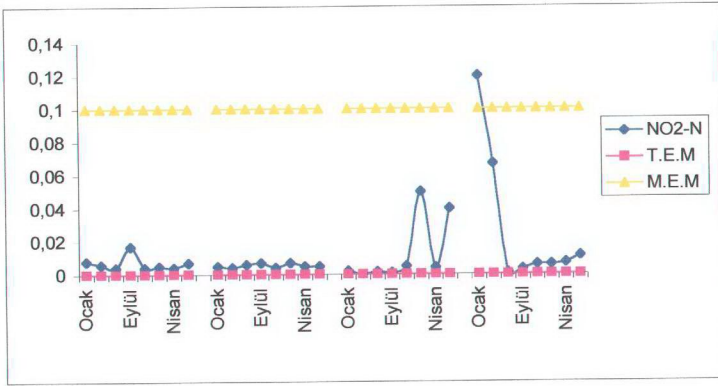
Şekil 6.3.e Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (K⁺,Ca⁺⁺,Mg⁺⁺) Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması



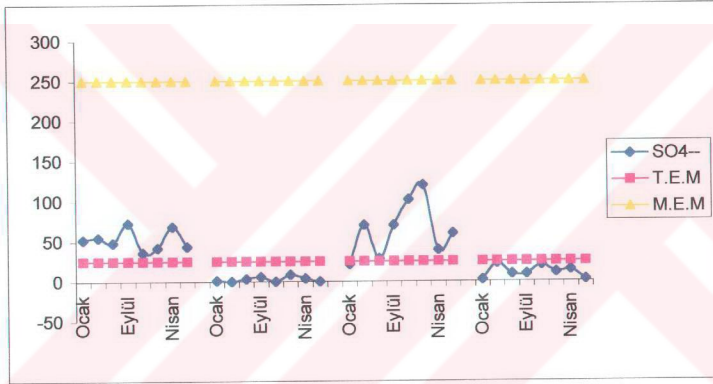
Şekil 6.4.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (ToC,PH,EC) Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması



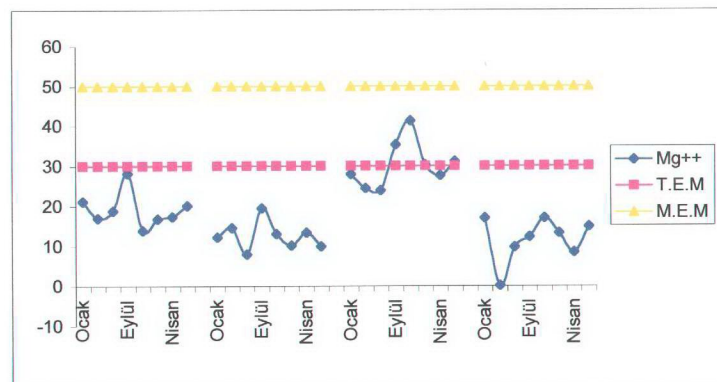
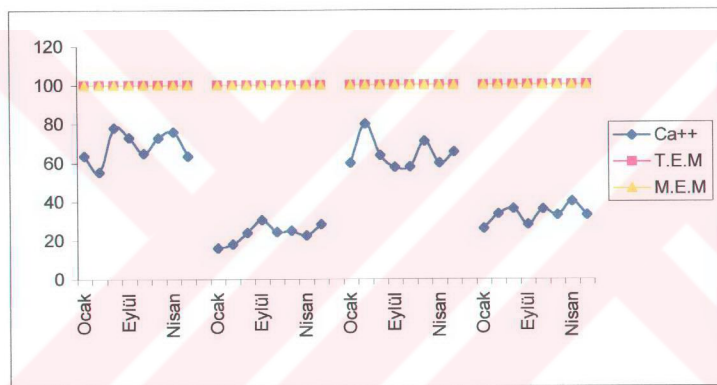
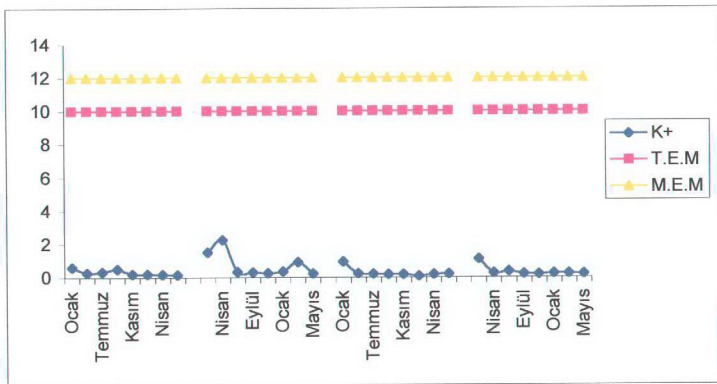
Şekil 6.4.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (NTU, Renk, NH₃-N) Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması



Şekil 6.4.c Diyarbakir Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (NO₂-N,NO₃-N,Klor) Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması



Şekil 6.4.d Diyarbakir Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (HCO₃⁻, SO₄⁻, Na⁺) Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması



Şekil 6.4.e Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel, Kimyasal Parametrelerinin (K⁺,Ca⁺⁺,Mg⁺⁺) Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması

6.7. Sulama Suları Sınıflaması:

Suların sulama suyu olarak kullanımının uygunluğunun tespiti sodyum iyonu miktarı ve elektriksel kondüktivitedeki değişimlerle ölçülmüştür. İçmesuyu kuyularında yapılan sınıflamada kullanılan A.B.D. tuzluluk ve Wilcox diyagramlarında bu iki parametre göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

6.7.1. A.B.D.Tuzluluk Diyagramı

A.B.D Tuzluluk diyagramı sınıflaması, sodyum tehlikesini önceden kestirebilmek amacıyla hazırlanmış bir diyagramdır. Bu diyagramda kullanılmak üzere,

$SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5}$ formülünden sodyum adsorpsiyon oranları (SAR) hesaplanarak buna karşılık gelen elektriksel kondüktivite değerleri diyagrama yerleştirilmiş ve dört ana içmesuyu havzasındaki kuyulardan alınan sonuçlar değerlendirilmiştir (Şekil 6.6).

Sonuç olarak Gözeli içmesuyu havzasındaki kuyu sularının C1S1, Merkez , Silvan Yolu- Dicle Vadisi ve Yeniköy içmesuyu havzasındaki kuyu sularının C2S1 sınıfından olduğu saptanmıştır.

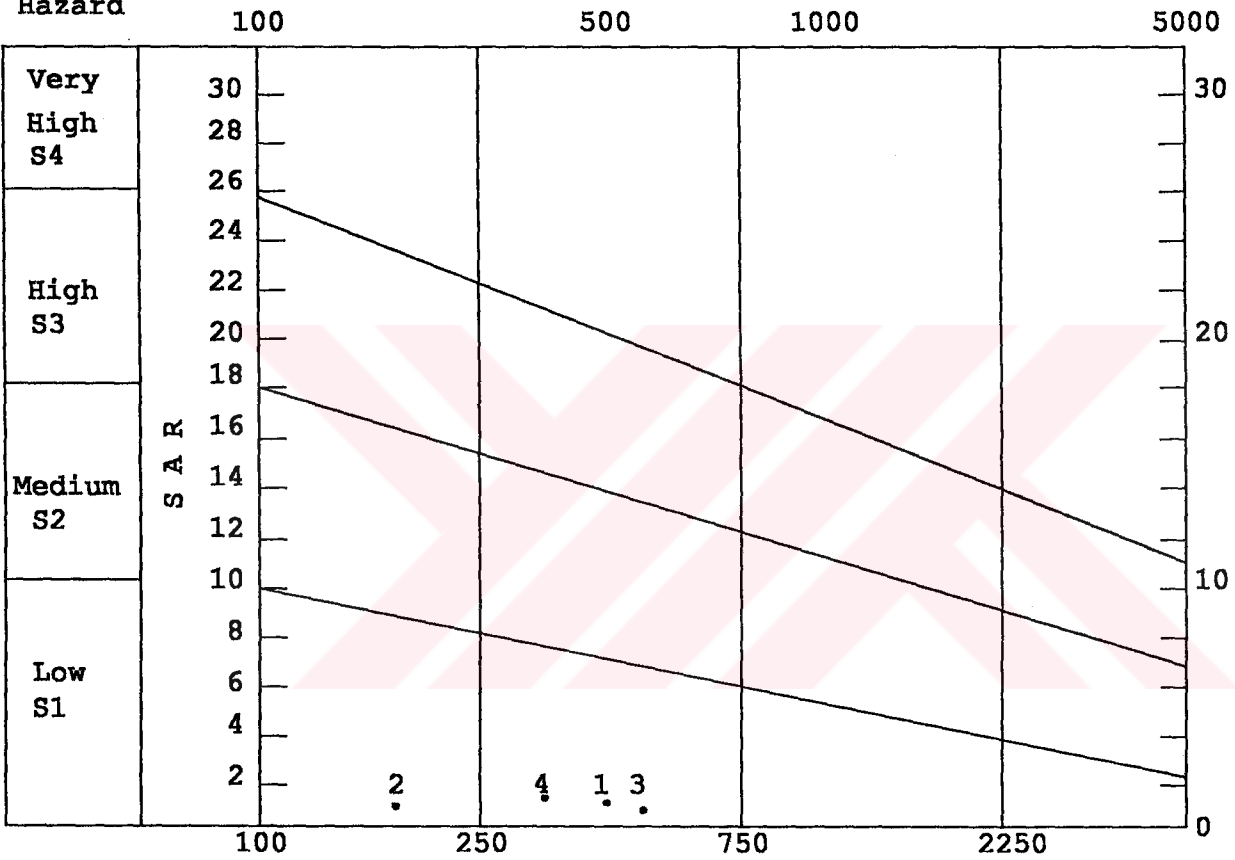
Buna göre Gözeli içmesuyu havzasındaki kuyu suları az tuzlu, her toprakta her türlü mahsülün sulanmasında tehlike yaratmaksızın kullanılabilir, az sodyumlu su sınıfına girmektedir. Merkez, Silvan Yolu Dicle Vadisi ve Yeniköy içmesuyu havzasındaki kuyu suları ise orta derecede drenajı olan topraklarda, tuzluluk kontrolü için özel çalışmalar yapılmaksızın, her türlü bitkinin sulanmasında, sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir az sodyumlu su sınıfına girmektedir.

6.7.2. Wilcox Diyagramı:

Wilcox diyagramı da A.B.D. Tuzluluk Diyagramı ile aynı amaçta hazırlanmış sodyum adsorpsiyon oranı yerine sodyum yüzdesinin kullanıldığı, kondüktiviteye karşı oluşturulmuş bir diyagramdır.

İçmesuyu temin edilen havzalardaki kuyulardan alınan su numuneleri değerlendirilerek sonuçlar Wilcox diyagramına yerleştirildiğinde tüm havzalar için su çok iyi –iyi sınıfta yer almaktadır (Şekil 6.7).

Sodium
(alkali)
Hazard

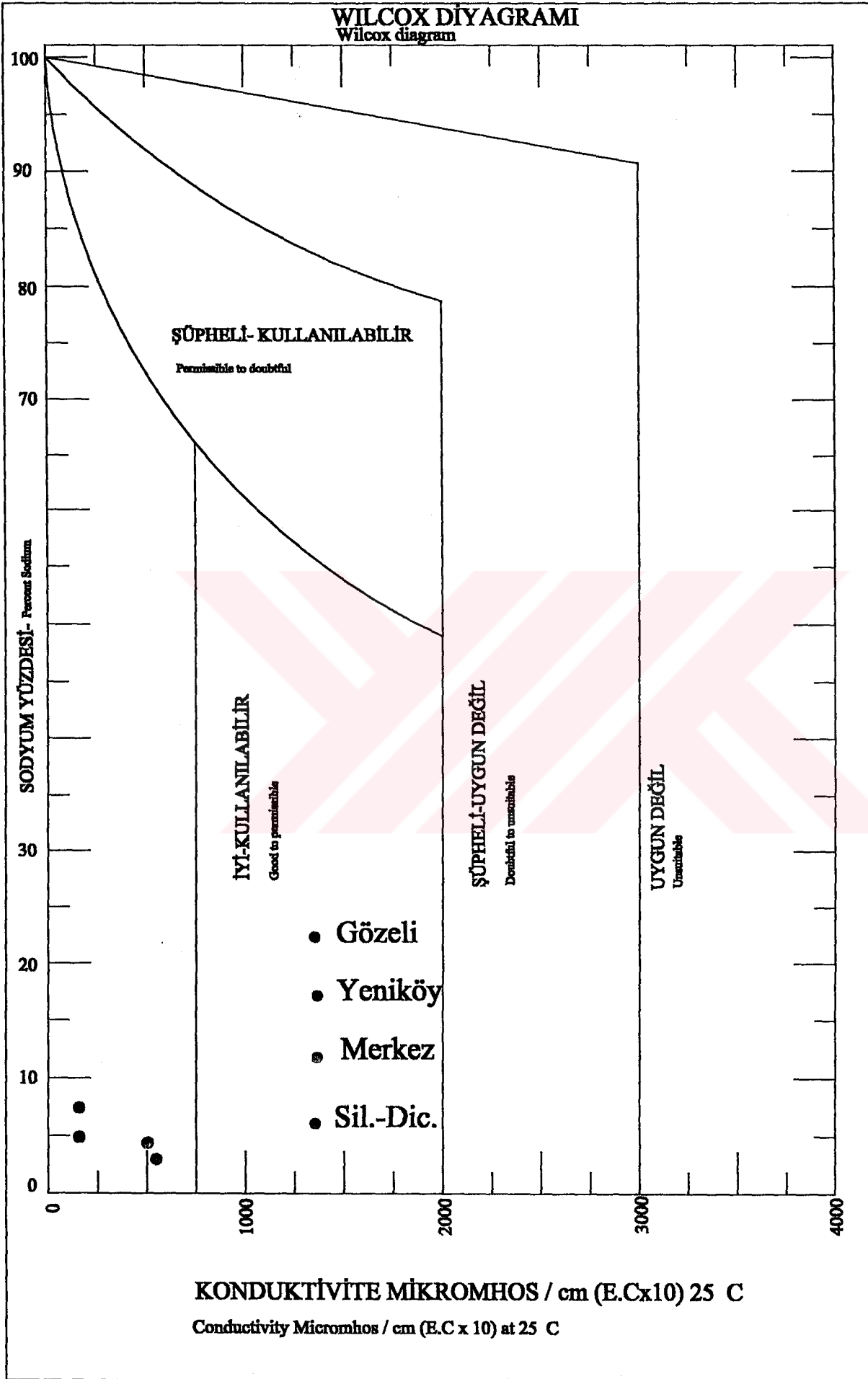


Conductivity (micromhos/cm at 25 C)			
C1	C2	C3	C4
Low	Medium	High	Very High

Salinity Hazard

- 1 Merkez
- 2 Gözeli
- 3 Silvan Yolu Dicle Vadisi
- 4 Yeniköy

Şekil 6.6 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin A.B.D Diyagramı



Şekil 6.7 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin Wilcox Diyagramı

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Diyarbakır kentine içmesuyu temin edilen havzaların yeraltı içmesuyu potansiyeli, içme sularının kirlilik düzeyi, havzalar arası yayılımı , mevsimsel değişimi , yeraltı sularının oluşum özellikleri ile çeşitli kalite ve kirlilik parametreleri incelenerek yeraltı sularının kalitesinin ve kirlilik düzeyinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Çalışma sahasının mevcut yeraltı içmesuyu potansiyeli 53,2 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır. Gelecekteki içmesuyu ihtiyacı da 192,52 hm³/yıl olarak hesaplandığından fark olarak oluşan içmesuyu ihtiyacı yüzeysel su kaynaklarıyla temin edilecektir.

Farklı havzalardan alınan su numunelerine ait sonuçlar incelendiğinde, ölçümü yapılan parametre değerlerinin aylar ve havzalara göre istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermesi yeraltı içmesuyunun lokal olarak yüzeysel kaynaklı kirleticilerden etkilendiğini göstermektedir.

Şehir merkezine içmesuyu temin edilen yeraltı sularındaki bazı parametreler TSE, WHO ve AT standartları için verilen sınır değerleri geçmektedir. Standartlardaki tavsiye edilen miktarı aşan parametreler iletkenlik, bulanıklık SO₄⁻, NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N, Cu, Det, ,F.Strept, T.Coli.' den oluşmaktadır. Maksimum değerleri aşan parametreler ise genel olarak Det, Yağ, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N için ölçülen değerlerdir. İçmesuyu standartları açısından en önemli kirlilik Azot (NO₂-N,NO₃-N, NH₃-N), Yağ, Det, F.Strept, ve T. Coli kirliliğidir. Özellikle yeraltı sularında organik kirlilik göstergesi nitratlar ve azotlu organikler insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Çeşitli nitrat tuzları bebek ve erişkinlerde bazen ölümle sonuçlanan zararlara neden olmaktadır. Çocuklarda görülen kuyu suyu methomoglobinemisinin etkeni bebeklere sütleri ile verilen yüksek konsantrasyonlardaki nitratlardır. Çalışmaya konu olan bölgelerdeki kuyuların hemen tümünde yağ konsantrasyonunun normal değerlerin çok üstünde olduğu tespit edilmektedir. Söz konusu kirletici maddenin çoğunluklu sanayi kaynaklı kirliliğe bağlı olduğu bilinmektedir. Ancak çalışma bölgesi içindeki havzaların tümünde buna neden olabilecek sanayi tesislerinin olmayışı bunun nedeninin önceden iddia edildiği gibi petrol üretimi sırasında oluşan üretim sularından kaynaklı kirlenme olabileceği varsayılmaktadır. Ayrıca incelenen havzalardaki kuyuların petrol kirliliğinin risk oluşturduğu alanların doğrultuları üzerinde bulunması ve yeraltı akış yönünün kuyuları dik kesmesi, kirletici kaynağının bütün kuyuları etkilemesine neden olabilmektedir.

Deterjan ise özellikle uzun süreli kullanımdan kaynaklanan biyolojik oksidasyonla değişerek yeraltı sularına geçip kaynakları kirletmektedir. Deterjanlar suların organo-leptik özelliklerini bozarak sindirim bozukluklarına sebep olmaktadır.

Tüm parametreler göz önüne alındığında yeraltı suları kirliliğinin en yoğun olduğu bölgeler farklılık göstermekle beraber yoğun yerleşim birimleri ile sanayi tesislerinin bulunduğu Merkez ve Gözeli İçmesuyu havzalarıdır. Bir çok parametre açısından en yüksek kirlilik değerleri bu havzalardaki kuyularda tespit edilmiştir. Yerleşim alanlarına uzak olan Yeniköy ve Silvan yolu- Dicle vadisi havzasındaki kirlilik düzeyi parametreler açısından daha düşük değerler vermektedir.

Yeraltı suyunda incelenen parametrelerden kalsiyum, magnezyum, klorür gibi parametrelerin yağışlardan sonra artış gösterdiği bilinmektedir (Schoeller, 1973). İnceleme alanını oluşturan içmesuyu havzalarında özellikle nitrat azotlarında, T. Coli, F.Strept, ve diğer parametrelerde yağışlı aylarda alınan numunelerin ölçümlerinde artışlar gözlenmiştir. Burada parametrelerin mevsimsel değişimlerine bakılarak kirliliğin kuyular civarındaki altyapı yetersizliğinden, tarımsal faaliyetlerden, sanayi tesisleri atıkları ile zeminin yapısından kaynaklandığı görülmektedir.

İçmesuyu havzalarında ölçülen anyon-kasyonlarla yapılan Piper sınıflamasına göre; Sular 5. Bölgede yer almışlardır. 5. Bölgede yer aldıklarından; Karbonat sertliği, karbonat olmayan sertliğinden fazla olan, kalsiyum karbonatlı ve magnezyum karbonatlı sular sınıfına girmektedirler. Analiz sonuçlarının yaklaşık değerler vermesi ve aynı bölge içinde olması ise bu havzalara ait suların kökenlerinin ya da karışımlarının aynı olduğunu göstermektedir. Schoellerin yarı logaritmik diyagramına göre ise; Sular bikarbonat kalsiyum ve magnezyum iyonları açısından çok zengin suları temsil etmektedir. $rCa^{++} > rMg^{++} > r(Na^{+} + K^{+})$ ve $rHCO_3^{-} > rSO_4^{-2} > rCl^{-}$ sırası belirlenmiştir.

Havzalardaki kuyu suları Karbonat bikarbonat değişimine göre olağan karbonatlı sular sınıfına girmektedir. Havzalardaki sular klorür değişimine göre olağan klorürlü, sülfat değişimine göre de olağan sülfatlı sular sınıfına girmektedir. Ve sülfatça doygunluğun altındadır. Yani $[(rSO_4^{-2})(rCa^{++})]^{0.5} < 70$ meq/lt ve $r(SO_4^{-2}) < r(Ca^{++})$ sonuçları elde edilmektedir.

Özellikle suların Ca^{++} , Mg^{++} iyonları ile HCO_3^{-} iyonları açısından zenginliği, bu suların temasta olduğu birimlerin kalker birimleri karbonatlı kayaçlar, kireçtaşları ve bazalt kaynaklı olduğunu göstermektedir. Bu da havzaların genel jeolojik formasyonu ile uyumludur.

Sulama suları sınıflamasının yapıldığı Wilcox diyagramına göre, tüm havzalar için sular çok iyi-iyi sınıfta yer almaktadır. ABD tuzluluk diyagramında ise kuyu suları az tuzlu, her toprakta her türlü mahsulün sulanmasında, sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir, az sodyumlu su sınıfındadır. Merkez, Silvan yolu- Dicle vadisi ve Yeniköy havzalarındaki kuyu suları orta derecede drenajı olan topraklarda, tuzluluk için özel çalışmalar yapılmaksızın, her türlü bitkinin sulanmasında, sodyum tehlikesi yaratmaksızın kullanılabilir, az sodyumlu sular sınıfına girmektedir.

Suların sanayide kullanımında göz önüne alınan köpürme durumuna göre ise, sular $Fo < 60$ ile kaynarken köpürmeyen sular sınıfına girmektedir.

Havzalardaki kuyularda kirlilik miktarı, kuyu derinliği koruyucu toprak veya kil tabakasının varlığı ve kalınlığı, kuyu çevresinde kirlenici kaynakların varlığı ve kuyulara uzaklığına, akiferin hidrolik iletkenliği ve kuyuların bulunduğu havzaların jeolojik ve topografik yapısı gibi faktör ve özellikler tarafından kontrol edilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen verileri değerlendirilmesi sonucunda belirlenen içmesuyu ihtiyacı ile yeraltı içmesuyu kirliliğinin azaltılması ve önlenmesi için şu öneriler sıralanabilir.

Çalışma sahasının mevcut içmesuyu potansiyelinin $53,2 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplandığı göz önüne alınarak gelecekteki içmesuyu ihtiyacının da $192,52 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplandığı bilindiğine göre oluşan içmesuyu ihtiyacı yüzeysel su kaynaklarıyla temin edilecektir. Bu da yeraltı içmesuyu kaynaklarının koruma zorunluluğunu ve mutlak koruma sahaslarının oluşturulmasının gerekliliğini önemle vurgulamaktadır.

İçmesuyu havzalarındaki kuyuların tümünde yağ konsantrasyonunun normal değerlerin çok üzerinde bulunmasının araştırılması için kuyuların beslenme alanlarının belirlenmesi, özellikle kirlenici kaynak ile su noktaları arasındaki bağlantı yollarını araştırmaya yönelik izotopsal çalışmalar ve yeraltı suları izleme deneyleri ile bir dizi kimyasal analiz yöntemlerini içeren ayrıntılı hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar yapılmalıdır.

Havzalardaki kirliliğin en büyük nedenleri olan yerleşim birimleri, endüstri tesisleri ve çiftliklerin atık deşarjlarının kuyuları kirlilik yönünden etkilememesi için düzenli bir alt yapının oluşturulması ve havzalar için koruma alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenecek koruma alanlarının oluşturulmasında havzaların toprak özellikleri, jeolojisi ve havzanın sosyo-demografik yapısı göz önüne alınmalıdır. Yani havzaların özgün yapısı bilimsel araştırmalarla saptanmalı, koruma-kullanma dengesi kurulmalıdır.

Ayrıca havzalardaki kuyular gelişi güzel açılmamalı, kuyular mutlak surette belli bir seviyeye kadar tecrit edilmeli, kuyu filtreleri akiferin derin kesimlerinden su alacak şekilde yerleştirilmeli ve düzenli şekilde dezenfeksiyonu yapılmalıdır. Böylece oluşacak kirlenme ve bunun sonucunda kuyu sularından kaynaklanan enfeksiyonların da önüne geçilmiş olunacaktır.

Diyarbakır halkının, kullandığı içme ve kullanma suları hakkında bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu konuda ilgili kamu ve sivil toplum örgütlerinin bu konuda çalışmalarda bulunması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

1. ANONYMOUS. , 1975. Avrupa İçmesuyu Standartları, Genova
2. APHA-AWWA-WPCF. ,1981. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (fiftenth ed): American Public Health Association, Washington , USA, 1134 P.
3. ATALAY, E., 1965. Yeraltı Sularının Sağlık Yönünden Korunması DSİ
4. BALKAYA, N., 1989. Samsun Bölgesi İncesu- Dereköy Arasındaki Kıyı Ovasında Yeraltı Suyu Kirlilik Araştırması Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Samsun
5. BAYAZIT, M., 1987. Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayın No:1346, İstanbul
6. CALIM, A., 1998. Yüreğir İlçesinin (Adana) Yer altı Suyu Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Adana
7. DAVIS, S.N. ,DEWIEST, J.M. ,1966 Hydrogeology, John Willey and Sons, Inc.
8. DOĞAN, L., 1981. Hidrojeolojide Su Kimyası. DSİ Basım ve Foto Film İşletme Müdürlüğü Matbaası. 180 s. Ankara
9. DSİ., 1979. Yukarı Dicle Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu . Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Matbaası ,Ankara.
10. DSİ , 1981. Su ve Analiz Metotları
11. DSİ., 1983. Hidrojeolojik Eğitim Semineri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. DSİ.
12. ERDEMGİL, N. , SIRMA, M. , YAVUZ, M., 1984. Su Getirme ve Kanalizasyon, S.85-87, İstanbul
13. ERGUVANLI, K., 1984. Yeraltı Suları Jeolojisi İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fak. Matbaası, İstanbul
14. FREEZE, R.A. , CHERY, J.A., 1979. Groundwater Prentice Hall, Inc. , New Jersey 07632, 604 P.
15. FİLİZ, Ş. , TARCAN, G. , GEMİCİ, Ü. , SEZER, Ü. ,1999. Diyarbakır Akiferlerinin Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kirlenebilirliği. , Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt. 42, Sayı 2.
16. GEORGE, A., 1985. Domestic Water Supplies, DSİ Yayını. Ankara
17. HUTTON, L: , Developing World Water. Grosvenor Press International London

P 211-214

18. KAÇAROĞLU,F., 1991. Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Kirliliği İncelemesi.Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Ankara
19. MOORE, J.W., MOORE. E.A., 1976. Environmental Chemistry Academic Press.
20. ÖZDAMAR, K.D. , SETENAY, K., 1979. Bilgisayarla İstatistik ve Veri Analizi.
21. SCHOELLER, H., 1973. Yeraltı Suları Kaynaklarının Araştırılması, İşletilmesi ve Değerlendirilmesi, İstanbul
22. SERDAROĞLU, N.,1976. Su, Filtrasyon, Yumuşatma, Dezenfeksiyon, Permodit Yayınları Yayın No: 8 İstanbul
23. SİMAŞ, 1991. Diyarbakır Kenti Su Temini Planlama Raporu
24. ŞAHİNCİ, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası. 548 İZMİR
25. ŞENGÜL, F., TÜRKMAN, A., 1998. Su ve Atıksu Analizleri. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası. İzmir.
26. TARCAN, G., FİLİZ, Ş., GEMİCİ, Ü., 1999. Diyarbakır Akiferlerinin Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kirlenebilirliği., Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt. 42, Sayı 2.
27. T.C. Resmi Gazete, 1988. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü."Kıtaçığı Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri. Resmi Gazete Sayı19919.
28. TODD. A., 1973. Yeraltı Suyu Hidroliği , DSİ Yayın No:506, Ankara
29. TÖRECİ, K., 1985. Su ile Bulaşan Enfeksiyonlar, Suyun Dezenfeksiyonu ve Bakteriyolojik İncelenmesi, İ.Ü. Tıp Fak. Mikrobiyoloji ve Parazitoloji Ders Notu, İstanbul
30. TUNCAY, H., 1994. Su Kalitesi Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No:512 243s. İzmir
31. TÜRKMAN, A., 1981. Yeraltı Suyunda Çözünmüş Maddelerin Kimyasal İlgilerinin Belirlenmesi ve Kirlenme Sorununun İncelenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir
32. USLU, O., TÜRKMAN, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü
33. WHO, 1993. Dünya Sağlık Organizasyonu İçmesuyu Standartları

ÇİZELGE LİSTESİ

- Çizelge 2.1 Doğal Suların İçerdiği Maddelerin Sınıflandırılması
- Çizelge 2.2 Elementlerin Yeraltı Sularında Çözülmüş Miktarları
- Çizelge 2.3 Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Genel Kalite Kriterleri
- Çizelge 2.4 Avrupa Topluluğu, Dünya Sağlık Organizasyonu ve Türk İçmesuyu Standartları
- Çizelge 3.1 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Yağış Değerleri
- Çizelge 3.2 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri
- Çizelge 3.3 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Rüzgar Değerleri
- Çizelge 3.4 Diyarbakır Kentinde Seçilmiş İstasyonlara Ait 1990-2000 Yılları Arası Aylık Ortalama Nisbi Nem Değerleri
- Çizelge 3.5.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Dinamik Seviye, Derinlik ve Verimleri
- Çizelge 3.5.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Dinamik Seviye, Derinlik ve Verimleri
- Çizelge 3.5.c Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Dinamik Seviye, Derinlik ve Verimleri
- Çizelge 3.5.d Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Kuyuları Statik Seviye, Dinamik Seviye, Derinlik ve Verimleri
- Çizelge 3.6 Diyarbakır Kentinin İller Bankası Yöntemine Göre Nüfus Tahmini Sonuçları
- Çizelge 3.7 Diyarbakır Kenti 2025 Yılı Nüfus Tahmini ve Brüt Su İhtiyacı Hesap Sonuçları.
- Çizelge 3.8 Diyarbakır Kenti Yeni Nüfus Projeksiyonuna Göre Kişi Başı Tüketimler, Kamu ve Ticaret Sektörü ve Endüstriyel Su İhtiyacı Değerleri.
- Çizelge 5.1 Merkez Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalama Değerleri
- Çizelge 5.2 Gözeli Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalama Değerleri
- Çizelge 5.3 Sil.-Dic. Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalama Değerleri
- Çizelge 5.4 Yeniköy Kuyuları Anyon-Katyon Yıllık Ortalama Değerleri

- Çizelge 5.5 İçmesuyu Havzalarında Ölçülen Kirlilik Parametrelerinin 2000-2001 Yılına Ait Ortalama Değerleri
- Çizelge 5.6 İçmesuyu Havzalarındaki Kuyu Sularının Sekiz Aylık Analiz Sonuçları
- Çizelge 5.7 Araştırma Alanındaki Havzalarda İncelenen Parametrelerin Varyans Analizleri
- Çizelge 5.8 Araştırma Alanındaki Havzalarda İncelenen Parametrelerin Regresyon Analizleri
- Çizelge5.9 Araştırma Alanındaki Havzalarda İncelenen Parametrelerin Çoklu Regresyon ve Korelasyon Analizleri



ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 2.1 Hidrolojik Çevrimin Başlıca Elemanları
- Şekil 2.2 Yeraltısuyu ve Bölgeleri
- Şekil 3.1 Çalışma Alanının Jeolojik ve Hidrojeolojik Haritası
- Şekil 6.1 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin Piper Diyagramı
- Şekil 6.2 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin Schoeller Diyagramı
- Şekil 6.3.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin($T^{\circ}C$, PH, EC), Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.3.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(Turb, Renk, NH_3-N), Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.3.c Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(NO_2-N , NO_3-N , Cl), Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.3.d Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(HCO_3^- , SO_4^- , Na^+), Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.3.e Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}), Mevsimsel Değişimi ve TSE Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.4.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin($T^{\circ}C$, PH, EC), Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.4.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(Turb, Renk, NH_3-N), Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.4.c Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(NO_2-N , NO_3-N , Cl), Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.4.d Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(HCO_3^- , SO_4^- , Na^+), Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması

- Şekil 6.4.e Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}), Mevsimsel Değişimi ve WHO Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.5.a Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin($T^{\circ}C$, PH, EC), Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.5.b Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(Turb, Renk, NH_3-N), Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.5.c Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(NO_2-N , NO_3-N , Cl), Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.5.d Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(HCO_3^- , SO_4^- , Na^+), Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.5.e Diyarbakır Kenti İçmesuyu Havzaları Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin(K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}), Mevsimsel Değişimi ve AT Standartlarıyla Karşılaştırılması
- Şekil 6.6 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin A.B.D Tuzluluk Diyagramı
- Şekil 6.7 Diyarbakır Kenti İçmesuyu Örneklerinin Wilcox Diyagramı

ÖZGEÇMİŞ

Şeyhmus TÖMÜR 1974 yılında Mardin’de doğmuş, ilk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır’da tamamlamıştır. 1997 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 1999’da Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümüne Uzman öğretim elemanı olarak atanmıştır. Halen aynı görevi yürütmektedir.

