T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARRAN OVASI SERBEST AKİFERİNDE NİTRAT KİRLENMESİNİN ARAŞTIRILMASI

NİLGÜN KAHRAMAN

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2015

Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR danışmanlığında, Nilgün KAHRAMAN'ın hazırladığı "**Harran Ovası Serbest Akiferinde Nitrat Kirlenmesinin Araştırılması**" konulu bu çalışma 21/05/ 2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR

Üye: Yrd. Doç. Dr. A. Dilek ATASOY

Üye: Yrd. Doç. Dr. Ayşegül DEMİR-YETİŞ

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 14053

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1. İçme Suyu Olarak Kullanılan Kaynaklar 1
1.2. Yeraltı Suyu 3
1.3. Akifer Türleri 5
1.3.1. Serbest akifer 5
1.3.2. Basınçlı akifer 5
1.3.3. Sızıntılı Akifer 6
1.3.4. Asılı (Tünek) Akifer 6
1.4. Yeraltı Sularının Kimyasal Özellikleri 6
1.5. Yeraltı Suyu Kirletici Kaynakları 8
1.6. Yeraltı Sularında Nitrat Kirliliği 12
1.6.1. Yeraltı Sularında Azot Bileşiklerinin Kaynağı 12
1.6.2. Azotlu Bileşiklerin Çevreye ve İnsan Sağlığına Etkisi 12
1.7. Yeraltı Sularında Nitrat Kirliliğini Önleme Çalışmaları 14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 17
3. MATERYAL ve YÖNTEM 23
3.1.Materyal 23
3.1.1. Çalışma Alanı 23
3.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Hidrojeolojisi 27
3.1.3. Örnekleme Çalışmaları 30
3.1.4. Kullanılan Alet ve Cihazlar 37
3.2. Yöntem 37
3.2.1. Örneklerin Analizi 37
3.2.2. Verilerin Sınıflanması 42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 46
4.1. Yeraltı Suyu Kalitesi Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi 46
4.1.1. Yeraltı Su Seviyesi (YAS) 46
4.1.2. Sıcaklık 47
4.1.3. pH 50
4.1.4. Elektriksel İletkenlik (EC) 52
4.1.5. Nitrat (NO_3) 56
4.1.6. Sülfat (SO_4) 60
4.1.7. Klorür (Cl^-) 63
4.1.8. Potasyum (K^+) 66
4.1.9. Magnezyum (Mg^{+2}) 68
4.1.10. Sodyum (Na^+) 70
4.1.11. Kalsiyum (Ca^{+2}) 73
4.1.12. Bikarbonat Alkalinitesi 76
4.2. Sulama Suyu Kalitesi ve Sınıflaması 80
4.2.1. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) 80
4.2.2. Sodyum İyon Yüzdesi (% Na) 82
4.2.3.Wilcox Diyagramı 85
4.2.4. ABD Tuzluluk Diyagramı 87
4.3. Harran Ovası Bazı Su Kalitesi Sonuçlarının Geçmiş ve Günümüz Açısından Değerlendirilmesi . 90

4.3.1. Elektriksel İletkenlik 92
4.3.2. Nitrat 93
4.3.3. Klorür 94
4.3.4. Sülfat 95
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 97
5.1. Sonuçlar 97
5.2. Öneriler 98
KAYNAKLAR 99
ÖZGEÇMİŞ 106
EKLER 107

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASI SERBEST AKİFERİNDE NİTRAT KİRLENMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Nilgün KAHRAMAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR
Yıl: 2015. Sayfa: 126

Harran Ovası 1 500 km^2'lik alanıyla GAP'ın en büyük ovasıdır. 1995 yılında yüzey sulamasının başlamasıyla birlikte yoğun tarımsal faaliyetler, aşırı ve kontrolsüz sulama, yetersiz drenaj sisteminden dolayı ve aynı zamanda evsel ve diğer atıkların ova drenaj havzasında kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırılmasıyla önemli çevresel sorunlarla karşılaşılmıştır. Bu çalışma, ova genelinde yapılan tarımsal faaliyetler sonucu 2014 yılında yeraltı suyu kalitesinde değişimi ortaya koymak ve su kalitesine ait alansal dağılım haritaları oluşturmak için yapılmıştır. 2005 yılında serbest akifer özelliğine sahip 20 örnekleme noktası seçilmiş ve 2014'te aynı örnekleme noktasında izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma; Mayıs 2014-Şubat 2015 dönemleri arasında mevsimsel olarak bir yıl süreyle yürütülmüş olup, alınan yeraltı suyu örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık, pH gibi parametreler yerinde; Ca, Mg, Na, K, klorür (Cl), sülfat (SO_4), bikarbonat alkalinitesi (HCO_3), (NO_3) gibi anyon ve katyonlar laboratuvarda ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar bazı ulusal ve uluslararası standartlarla mukayese edilmiş, sulama suyu kalitesi; Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramı açısından sınıflamaları yapılmıştır. Sonuç olarak nitrat değerlerinin 16- 327 mg/L, sıcaklık 13.2- 22.9 ^oC, pH 6.85- 7.69, EC 459-2510 µS/cm, sülfat 19-330 mg/L ve klorür değerlerinin 2-254 mg/L arasında olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada; 2005 yılında aynı örnekleme noktasında gerçekleştirilen çalışmaya göre; ova genelinde EC, nitrat, sülfat ve klorür değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelime: Harran Ovası, nitrat kirliliği, serbest akifer, sulama- drenaj

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF NITRATE POLLUTION IN UNCONFINED AQUIFER OF HARRAN PLAIN

Nilgün KAHRAMAN

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR
Year: 2015. Page:126

This study was held in Harran Plain; the largest lowland of GAP by its 1 500 km^2 plain area. In 1995, intensive agricultural activities along with the onset of surface irrigation, due to inadequate drainage systems and at the sometime household and other waste disposal in an uncontrolled manner in the drainage basin of the plains were encountered significant environmental problems. In same parts of the plain groundwater levels and surface water is mixed. These 20 sample wells representing the plain have been selected to demonstrate the extent of the problem and nitrate levels were monitored in unconfined aquifer between the years 2014-2015. Also temperetature, pH and EC values were measured. Ca, Mg, Na, K, chloride (Cl), sulphate (SO_4), bicarbonate alkalinity (HCO_3), (NO_3), such as anions and cations were measured in the laboratory. Sodium Adsorption Ratio (SAR), % Na values, on the other hand, were determined by calculation. The groundwater was classified using and irrigation water quality (Wilcox and the U.S. salinity diagram). In thıs period, nitrate 16-327 mg/L, temperature 13.2-22.9 ^oC, pH 6.85-7.69, EC values 459/2510 us/cm, sulfate 19-330 mg/L, chloride 2-254 mg/L were found. It has been found out that according to the study carried out in 2005 on the same sample point EC, nitrate, sulfate and chloride values have decreased.

KEY WORDS: Harran Plain, nitrate pollution, unconfined aquifer, irrigation-drainage

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren ve her zaman örnek aldığım, çok kıymetli ve saygı değer danışman hocam Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR' a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Yükseklisans eğitimime başlamamda bana yol gösteren çok kıymetli Prof. Dr. Sinan UYANIK'a, Doç. Dr. Sevgi DEMİREL'e ve eğitimim sırasında ders aldığım diğer bölüm hocalarıma teşekkür ederim. Çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen saygı değer Yrd. Doç. Ayşegül DEMİR YETİŞ'e ve Arş. Gör. Deniz UÇAR'a teşekkür ederim. Öğrenim hayatım boyunca maddi, manevi yardımlarını esirgemeyen aileme ve eşim Hamit KAHRAMAN' sonsuz teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Dünyadaki su dağılımı 1
Şekil 1.2. Yeraltı suyu 3
Şekil 1.3. Yeraltı suyunun düşey dağılımı 5
Şekil 1.4. Basınçlı ve serbest akifer 6
Şekil 1.5. Yeraltı suyu potansiyel kirletici kaynakları 8
Şekil 1.6. Yeni doğan bebekte "Mavi Bebek Sendromu" 14
Şekil 1.7. Manisa iline ait nitrat kirliliği mobil analiz laboratuvarı 15
Şekil 3.1. Çalışma alanın yeri 24
Şekil 3.2. Çalışma alanının fiziki haritası 25
Şekil 3.3. GAP alanında yağış eğilimine ait dağılım 26
Şekil 3.4. Harran Ovası'nın genel stratigrafik sütun kesiti ve özellikleri 28
Şekil 3.5. Çalışma alanı jeoloji haritası ve enkesiti 29
Şekil 3.6. Çalışma alanı örnekleme kuyularının lokasyon ve güzergah haritası 32
Şekil 3.7. Örnekleme noktalarının yerleri 33
Şekil 3.8. Örnek alımı sırasındaki görüntüler 34
Şekil 3.9. El tipi GPS cihazı 40
Şekil 3.10. Hach Lange HQ40D portatif cihazı ve aksesuarları 40
Şekil 3.11. Nova 60 Fotometre 41
Şekil 3.12. Surfer yazılımına ait ekran görüntüsü 42
Şekil 4.1. Sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimi 48
Şekil 4.2. Sıcaklık değerlerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 49
Şekil 4.3. pH değerlerinin mevsimsel değişimi 51
Şekil 4.4. pH değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 52
Şekil 4.5. EC değerinin mevsimsel değişimi 54
Şekil 4.6. EC değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 55
Şekil 4.7. NO_3 değerinin mevsimsel değişimi 58
Şekil 4.8. NO_3 değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 59
Şekil 4.9. SO_4 değerinin mevsimsel değişimi 61
Şekil 4.10. SO_4 değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 62
Şekil 4.11. CI^- değerinin mevsimsel değişimi 64
Şekil 4.12. CI^- değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 65
Şekil 4.13. K^+ değerinin mevsimsel değişimi 66
Şekil 4.14. Potasyum değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 67
Şekil 4.15. Mg^{+2} değerinin mevsimsel değişimi 68
Şekil 4.16. Mg^{+2} değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 69
Şekil 4.17. Na^+ değerinin mevsimsel değişimi 71
Şekil 4.18. Na^+ değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 72
Şekil 4.19. Ca^{+2} değerinin mevsimsel değişimi 74
Şekil 4.20. Ca^{+2} değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 75
Şekil 4.21. HCO_3 alkalinitesi değerinin mevsimsel değişimi 78
Şekil 4.22. HCO_3 alkalinitesi değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 79
Şekil 4.23. SAR değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 81
Şekil 4.24. % Na değerinin mevsimsel değişimi 83
Şekil 4.25. % Na değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 84
Şekil 4.26. Örnekleme noktalarının mevsimsel ortalamasına ait Wilcox diyagramı 86
Şekil 4.27. Wilcox'a göre sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 87
Şekil 4.28. Örnekleme noktalarının mevsimsel ortalamasına ait ABD tuzluluk diyagramı 89
Şekil 4.29. ABD tuzluluk diyagramına göre sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı 90

Şekil 4.30. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait EC ortalama değerleri 92
Şekil 4.31. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait NO_3 ortalama değerleri 94
Şekil 4.32. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait CI^- ortalama değerleri 95
Şekil 4.33. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait SO_4 ortalama değerleri 96

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Küresel su dağılımı 2
Tablo 1.2. Yeraltı sularının karakteristik özellikleri 7
Tablo 1.3.Yeraltı Suyu Azot Kaynakları 12
Tablo 3.1. Uzun yıllar yağış ve sıcaklık ortalaması 26
Tablo 3.2. Örnekleme noktası koordinatları 30
Tablo 3.3. Kullanılan cihaz listesi 37
Tablo 3.4.Yeraltı suyu parametrelerini izlemek için örnek alma prosedürleri 38
Tablo 4.1. 2014 yılına ait yeraltı su seviyesi 46
Tablo 4.2. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması 47
Tablo 4.3. pH'ın ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri 50
Tablo 4.4. Suların tuzluluk sınıflandırması 54
Tablo 4.5. EC'nin ulusal ve uluslararası sınır değerleri 54
Tablo 4.6. Nitrat değerinin ulusal ve uluslararası sınır değerleri 57
Tablo 4.7. Sulama maksatlı kullanım için su kalite sınıflaması 57
Tablo 4.8. Sülfatın ulusal ve uluslararası sınır değerleri 60
Tablo 4.9. Sulama maksatlı kullanım için su kalite sınıflaması 63
Tablo 4.10. Klorürün ulusal ve uluslararası standart sınır değerler 63
Tablo 4.11. Magnezyumun ulusal standarttaki sınır değeri 68
Tablo 4.12. Na^{+} ulusal ve uluslararası standarttaki sınır değerleri 70
Tablo 4.13. Ca^{+2} ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri 73
Tablo 4.14.Sulama maksatlı su kalitesi sınıflaması 77
Tablo 4.15. SAR' a göre sulama suyu sınıflandırılması 80
Tablo 4.16. Suların % Na sınıflandırılması 82
Tablo 4.17. Wilcox sulama suyu diyagramına göre gözlem noktalarının özeti 85
Tablo 4.18. ABD tuzluluk diyagramına göre tüm örnekleme noktalarının özeti 88
Tablo 4.19. 2005-2006 yılına ait aşağıdaki parametrelerin mevsimsel ortalama değerleri 91

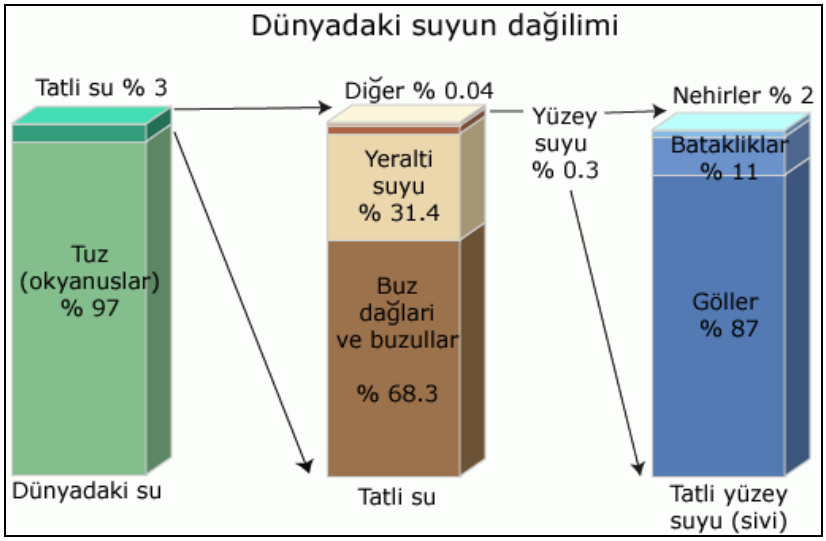
SİMGELER DİZİNİ

ANN	Artificial Neural Networks (Yapay Sinir Ağları)
ASTM	The American Society for Testing and Materials
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DSİ	Devlet Su İşleri
EC	Elektriksel İletkenlik
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
NİBİS	Nitrat Bilgi Sistemi
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TDS	Total Dissolved Solids (Toplam Çözünmüş Katı Madde)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USEPA	United State Environmental Protection of Agency
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı)
USGS	United States Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar
EPA	Environmental Protection of Agency (Çevre Koruma Ajansı)
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YAS	Yeraltı suyu

1. GİRİŞ

1.1. İçme Suyu Olarak Kullanılan Kaynaklar

Dünya'nın 4'te 3'ü su olup, tatlı sular bunun % 3'lük kısmını oluşturmaktadır. % 3'lük suyun % 31.4'ü yeraltı suları, % 68.3'lük kısmını buz dağları ve buzullar, % 0.04'lük kısmını diğer sular oluşturmaktadır. Dünya'daki su dağılımı Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Dünyadaki su dağılımı (Gleick, 1996; USGS, 1998; Yeşilnacar ve ark., 2007)

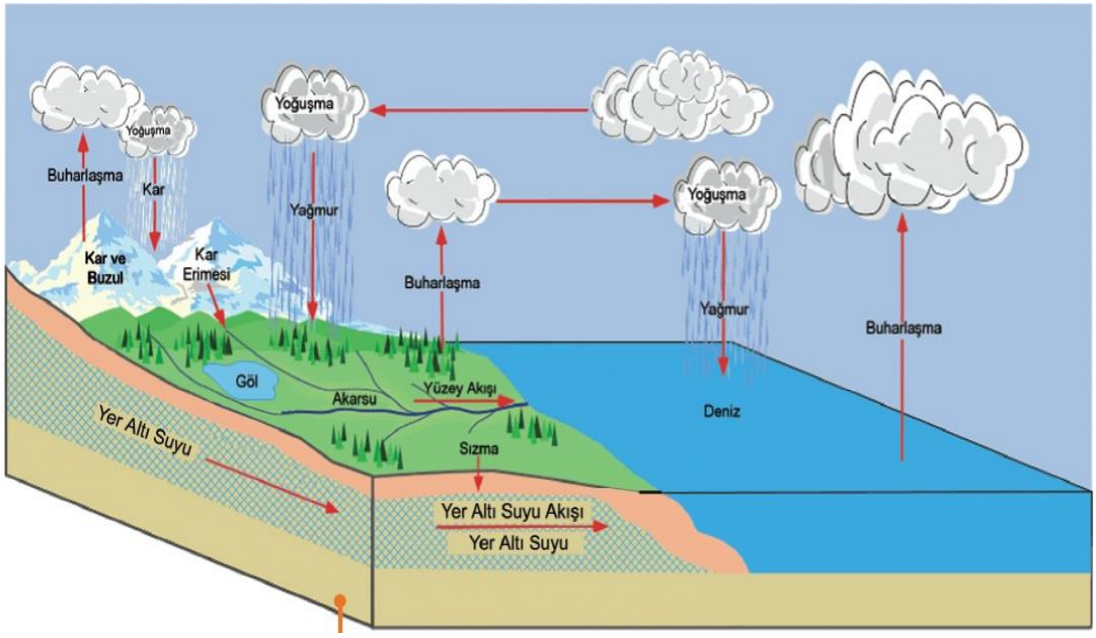
Gleick (1996) Dünyadaki küresel su dağılımını tablo haline getirmiş olup, Tablo 1.1' de bu su dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Küresel su dağılımı (Gleick,1996; USGS, 1998)

Su kaynağı	Metreküp olarak ifade edilen su hacmi	Tatlı su yüzdesi	Toplam su yüzdesi
Okyanuslar Denizler ve Körfezler	321 000 000		96.5
Buz tepeleri, Buzullar ve Kalıcı Kar	5 773 000	68.7	1.74
Yeraltı Suyu	**5 614 000**		**1.7**
Tatlı	2 526 000	30.1	0.76
Tuzlu	3 088 000		0.94
Toprak nemi	3 959	0.05	0.001
Zemin buzu ve sürekli don olan toprak	71 970	0.86	0.022
Göller	42 320		0.013
Tatlı	21 830	0.26	0.007
Tuzlu	20 490		0.006
Atmosfer	3 095	0.04	0.001
Bataklık suyu	2 752	0.03	0.0008
Nehirler	509	0.006	0.0002
Biyolojik Su	269	0.003	0.0001
Toplam	332 500 000		100

1.2. Yeraltı Suyu

Yağmur olarak yeryüzüne düşen suların bir bölümü akarken, bir bölümü buharlaşır, bir kısmı bitkiler tarafından emilir ve bir kısmı ise toprağa sızar. Yeraltı sularının oluşabilmesi için yeryüzündeki suların yeraltına geçmesi gerekir. Yeraltına geçen sular geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikir ve yeraltı sularını oluşturur. Yeraltı suyunun bulunduğu tabakalara **akifer** denilmektedir. Yeraltı sularının kendiliğinden yeryüzüne çıktığı yerlere ise **kaynak** (göze, eşme, memba, pınar) adı verilir (Anonim, 2012). Şekil 1.2'de yeraltı suyunun oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Yeraltı suyu (Anonim, 2012)

Yağış miktarı, yüzeyin eğimi, bitki örtüsü ve taşların geçirimlilik özelliği yeraltı sularının miktarını belirler.

Suların yeraltına sızmasını etkileyen faktörler:

1. Arazinin geçirimlilik derecesi
2. Yağış miktarı
3. Yağışın şekli
4. Sıcaklık ve buharlaşma

5. Arazinin eğimi

6. Bitki örtüsü

Yüzey sularının yeraltına kolayca geçmesini sağlayan taşlara geçirimli taşlar denilmektedir. Genellikle geçirimli taşlar; çakıl taşı, bazalt, kalker, kumtaşıdır. Geçirimli tabakadan geçen sular geçirimsiz tabakalar üzerinde birikir. Genellikle geçirimsiz taşlar ise; marn, şist, kil, granittir. Yeraltı sularının fazla olduğu yerler, bol yağışın ve geçirimli tabakanın olduğu yerlerdir.

Yeraltı sularını besleyen kaynaklar:

1-Yağışlar

2-Akarsular ve göller

3-Eriyen kar ve buz sularıdır.

Yeraltı sularının kalitesi, suların bulunduğu yerdeki kayaların kimyasal özelliğine göre değişiklik göstermektedir. İzmir, Tokat gibi yerlerde, silisli kayalar bulunmaktadır, bu kayaların olduğu yerde, yeraltı sularında çözünmüş kireç olmadığı için içme suyu olarak kullanılamasına karşın; jipsli arazilerden çıkan yeraltı suyu acı, kireçli arazilerden çıkan yeraltı suları ise kireçli olduğu için içme suyu olarak kullanmak uygun değildir.

Yeraltı sularının önemi:

1- İçme ve kullanma suyu temininde önemlidir.

2- Yarı kurak ülkemizde yaz kuraklığında tarım alanlarının sulanması açısından ehemmiyetlidir.

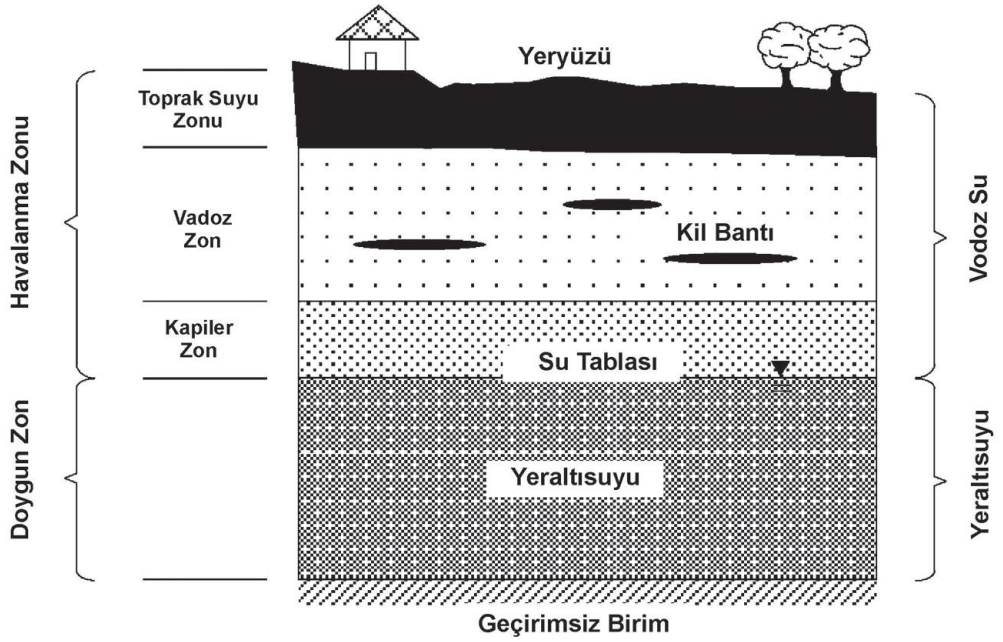
3- Sağlık için önemlidir.

4- Turizm için önemlidir.

5- Kültür balıkçılığında ve son yıllarda paketlenip satıldığından ihracatta önemli yer tutar.

Yeraltı Suyunun Düşey Dağılımı

Yeraltı suları düşey doğrultuda; havalanma zonu ve doygun zon olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Havalanma zonunda, gözenekler su ve hava ile doludur. Havalanma zonunun altında, su tablasının üzerinde, kapiler zon bulunur. Doygun zonda ise geçirimsiz tabaka bulunur ve yeraltı suları bu bölgede depolanır. (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Yeraltı suyunun düşey dağılımı (Anonim, 2012)

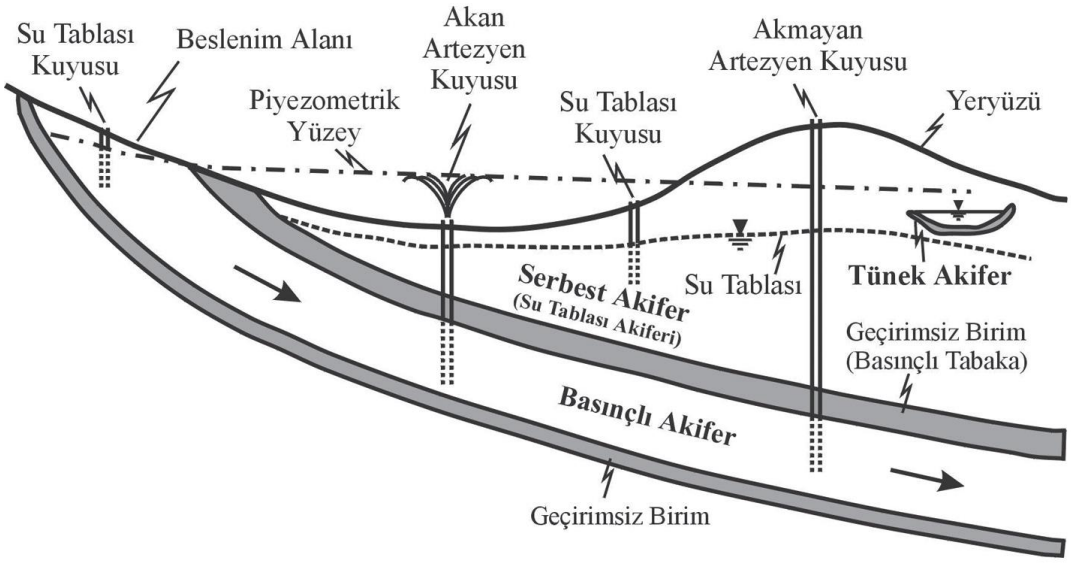
1.3. Akifer Türleri

1.3.1. Serbest akifer

Su tablası akiferide denilen serbest akifer; geçirimsiz alan ile sınırlandırılmış, basıncı atmosfer basıncının altında olan akiferlerdir.

1.3.2. Basınçlı akifer

Akiferin en üst kotu, piyezometrik yüzeyi geçmeyen ve iki geçirimsiz yüzeyle sınırlandırılan akiferlerdir.



Şekil 1.4. Basınçlı ve serbest akifer (Bear, 1979)

1.3.3. Sızıntılı Akifer

Serbest ya da basınçlı akiferi sınırlayan yarı geçirimli bölgeden su alıp veren akiferlerdir. Serbest bir akiferde, yarı geçirimli ortamda su alıp verme oluyorsa buna "sızıntılı serbest akifer"denir. Eğer basınçlı bir akiferde, yarı geçirimli ortamda su alıp verme oluyorsa buna da "sızıntılı basınçlı akifer" denir.

1.3.4. Asılı (Tünek) Akifer

Kapasiteleri sınırlı olan asılı akiferler, geçirimli ortamda ve doymamış bölgenin üzerinde az miktar su taşıyan akiferlerdir.

1.4. Yeraltı Sularının Kimyasal Özellikleri

Yeraltı sularının kalitesi, yağış (yağmur) olarak yeryüzüne düşen suyun kalitesi ile belirlenir. Yeraltı suları; organik madde, toprak ve kayaçlar ile belli bir süre temas halinde bulunur ve bunun sonucu olarak yeraltı suyu kalitesinde bazı değişiklikler olur. Yer ve zamana bağlı olarak bir akifer içerisinde yeraltı suyu kalitesi genelde aynıdır. Fakat bu, yeraltı sularının farklı akiferlerde kalite olarak büyük değişikliler göstermeyeceği

anlamına gelmez. Yüzey ve yeraltı sularının kaynağı yağışlar olmasına karşın, yeraltı suları yüzey sularından daha fazla miktarda mineral madde içerirler. Bunun asıl nedeni suyun az da olsa asidik çözücü özelliğinde olması ve bu sebeple birçok maddeyi eritebilme özelliği taşımasıdır. Yağmurun yeryüzüne düştüğü, süzülmelerin başladığı ve suyun, toprak ve kayaçların aralarından geçtiği anda, su temas ettiği bazı maddeleri eritir. Böylece yer çekimine bağlı olarak aşağıya doğru süzülen suya mineraller eklenir. Yeraltı sularının kimyasal bileşimi temas ettiği maddelerin fiziksel özelliklerine, bileşimlerine ve temas süresine bağlı olarak değişir. Suyun söz konusu maddelerle temas süresi uzadıkça suda daha fazla miktarda mineral çözünmektedir (UNESCO, 2000).

Altı temel iyon, yeraltı sularının kimyasal yapısının %95'ini oluşturur. Bunlar: kalsiyum $(Ca)^{+2}$, magnezyum $(Mg)^{+2}$, sodyum $(Na)^{+}$, klorür $(Cl)^{-}$, bikarbonat $(HCO_3)^{-}$ ve sülfattır $(SO_4)^{-2}$. Yeraltı sularında anyon ve katyon toplamları birbirine eşit olmalıdır (Ünal ve Sargın, 2001) .

Yerkabuğu doğal filtre özelliği gösterdiğinden dolayı bazı bakterileri ve kirleticilerin yeraltı suyuna geçmesini engeller ve genellikle yeraltı suyu askıda madde, bakteri veya organik madde içermez. Bundan dolayı yeraltı suları genellikle yüzey sularından daha temizdir. (UNESCO, 2000)

Tablo 1.2. Yeraltı sularının karakteristik özellikleri (Yalçın ve Gürü, 2002)

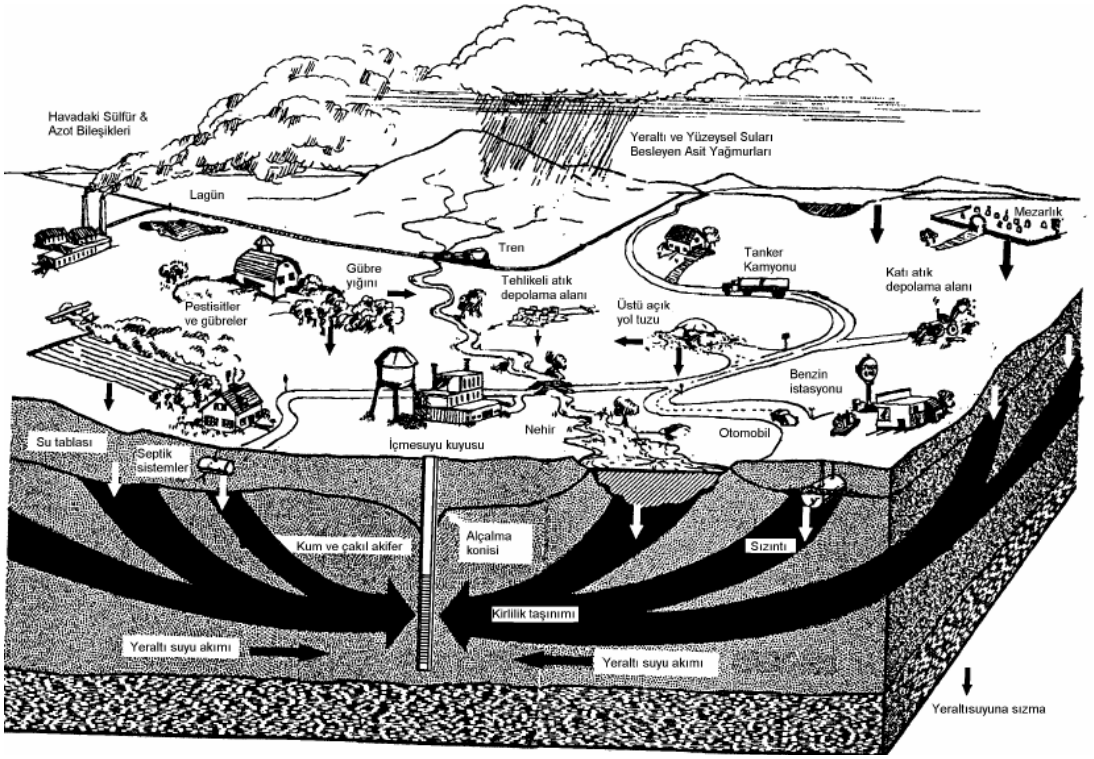
ÖZELLİKLER	**YERALTI SULARI**
Sıcaklık	Genellikle sabit kalır
Bulanıklık	Az miktar vardır ya da yoktur
Çözünmüş tuzlar	Yüzeye yakın yerde daha yüksektir
Demir ve Mangan	Daima bir miktar bulunur
Serbest CO_2	Çoğunlukla içerir
Çözünmüş oksijen	Çoğunlukla azdır
Amonyak	Yüzeyde kirlilik belirtir

Tablo1.2 (Devam)

Hidrojen sülfür	Sıcak sularda olabilir
Silikat	Yüzey sularda daha yüksektir
Nitrat	Bazı sularda rastlanır
Mikroorganizma	Sıklıkla demir bakterileri

1.5. Yeraltı Suyu Kirletici Kaynakları

Yeraltı suyu, doğal kaynak veya insan faaliyetleri sonucu kirlenebilir. Yerleşim birimleri, endüstriyel, ticari, evsel ve zirai faaliyetler yeraltı suyunun kalitesini etkilemektedir. Yeraltı suyunun kirlenmesinin nedeni çoğunlukla, toprak yüzeyindeki faaliyetler (tarımsal gibi), septik sistemler, su tablası altında bulunan kuyular ve kirli sulardır (Freeze ve Chery, 2003). Yeraltı suyu potansiyel kirletici kaynakları Şekil 1.5'de gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Yeraltı suyu potansiyel kirletici kaynakları (EPA, 1993)

-Doğal Kirleticiler: Toprak altında bulunan kayaçlar; demir, manganez, klorür, florür ve sülfat gibi bazı maddeleri doğal olarak içerisinde bulundurabilir. Doğal olarak bulunan bozunmuş organik maddelerse yeraltı suyuna parçacık olarak taşınabilir. Bozunmuş organik maddelerin ve doğal minerallerin yeraltı suyu içerisinde olup olmadığı yerel şartlara göre değişiklik gösterir. Yukarıda belirttiğimiz bu doğal olarak bulunan maddelerin bir kısmı fazla miktarlarda alınırlarsa sağlık açısından tehtitler ve tehlikeler oluşturabilir. Bazıları ise istenmeyen kötü koku, renk ve tat oluşturmaktadır. Yeraltı sularında bu maddelerin olması durumunda, içme suyu ve kullanma suyu olarak kullanılmaz. Bu suların kullanılması için bu maddeler arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılabilir (EPA, 1993).

-Septik Sistemler: Tek başına kullanıldığında, yeraltına çok az atık bıraksa bile bu sistemler yoğun olarak kullanıldığı zaman yeraltı suyunun kirlenmesinde çok etkilidir ve yeraltı suyunun kirlenmesinde önemli rol oynar. Septik sistemler uygun yerlere, uygun inşaa edilmediğinde ve bakımı uygun yapılmadığında, kimyasallar, bakteriler, virüsler gibi suyu kirletecek etmenler yeraltı suyunu kirletir. Bu konuya önem veren ülkelerde yasal düzenlemelerle, septik sistem ile içme suyu kuyuları arasına uygun mesafeler bırakılmasını sağlamışlardır. Bu uygun mesafelerin belirlenmesi için programlar geliştirmişlerdir (EPA, 1993).

-Tehlikeli atıkların uzaklaştırılması: Bu atıkların yani kimyasallar, dezenfektanlar, ilaçlar, boya maddeleri, yemek yağı, motor yağı gibi zararlı ve tehlikeli maddelerin septik sistemlerde uzaklaştırılması yapılmamalıdır. Bu tehlikeli atıklar daima uygun yöntemler kullanılarak uzaklaştırılmalıdır. Tehlikeli atık üreten ve endüstriyel proseslerde kullanılan birçok madde içme suyu kaynaklarını kirlettiği için kanalizasyon ile uzaklaştırılmamalıdır. Kimyasalların doğru kullanımı ve uzaklaştırılması konusunda gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yeraltı suyunun kirlenmemesi ve korunması için endüstriyel faaliyetlerde kullanılan kimyasalların uygun şekillerde uzaklaştırılması çok önemli bir konudur (EPA, 1993).

-Kimyasal depolama ve yayılmaları: Kimyasal depolama için yeraltı ve yerüstü depolama tankları kullanılmaktadır. Bazı yerleşim yerlerindeki meskenlerde ısıtma amaçlı yeraltı yakıt tankları bulunmasının yanı sıra genellikle işyerlerinde benzin, fuel oil, dizel, gibi kimyasallar tanklar içinde depolanır. Ayrıca endüstriler, kullandığı kimyasal maddelerini ve kimyasal atıklarını depolamak için depolama tankları kullanır. Toprağın, yeraltı suyunun kirlenmesinde bu tanklarda oluşan sızıntılar etkilidir. Kimyasal yayılmada bakımsız, terkedilmiş tanklarda büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra tren vagonlarıyla, tankerlerle taşınan kimyasalların naklinde oluşan kazalarda büyük tehlike oluşturmaktadır (EPA, 1993).

-Deponi sahaları: Yağış ve yüzey akışlardan dolayı deponi sahalarındaki kimyasal maddeler, evsel, endüstriyel kirleticiler yeraltı suyuna geçebilir. Yeraltı suyunu korumak için yeni yapılacak deponi sahaları özenle yapılarak, zemini kil ya da sentetik malzeme ile kapatılıp sızdırması önlenmeli ve sızıntı suyu için toplama sistemleri yapılmalıdır. Daha önce yapılmış deponi sahalarında sızdırma için önlemler alınmadığı için buradan sızan kirletici maddeler yeraltı sularına karışarak yeraltı suyu kirletmektedir. Eski deponi sahaları kapatılsa bile sızıntılardan dolayı yeraltı suyu için tehdittir (EPA, 1993).

-Kanalizasyon ve diğer boru hatları: Bakteri, virüs, ağır metal, azot, organik madde, inorganik tuzlar gibi kirleticilerin bulunduğu kanalizasyon borularında oluşabilecek herhangi bir sızdırmada kirleticiler yeraltı suyuna geçerek, yeraltı suyunun kirlenmesine sebep olabilir (EPA, 1993).

-Pestisit ve gübre kullanımı: Ülkemizde çok fazla kullanılan gübreler ve pestisitlerin bazıları bir ay ile bir yıl arasında suda ve toprakta kalabilir. Uzun süre toprakta ve suda bulunan gübreler ve pestisitler kirliliğe sebep olmaktadır. Bunların yanı sıra kirletici etkisi bulunan hayvansal atıklarda zamanla yeraltı suyuna geçmektedir. Hayvansal atıklar uygun zamanlarda uygun şekillerde uzaklaştırılmalıdır (EPA, 1993).

-Uygun inşa edilmemiş kuyular: Uygun yapılmamış kuyularda kirlenmiş yüzey sularının ya da yeraltı suyunun kuyu içerisine girmesiyle yeraltı suyu kirlenmektedir. Aşağıda potansiyel yeraltı suyu kirlilik kaynağı olan kuyu tipleri yer almaktadır (EPA, 1993).

• *Drenaj kuyuları:* Bu kuyular yağmurlu yerlerde ve suyun çok bulunduğu alanlarda, suyun bir bölümünü uzaklaştırmak ve derinlere taşınımını sağlamak için kullanılır. Drenaj kuyularında tarımsal gübreler gibi maddelere rastlanabilir (EPA, 1993).

• *Enjeksiyon kuyuları:* Genelde derinlikleri birkaç yüz metreden birkaç bin metre arasında değişen bu kuyular, endüstriyel atıkların (tehlikeli ve tehlikesiz) uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Enjeksiyon kuyuları, atıkların etkili bir şekilde uzaklaştırılması için düzenli bir şekilde tasarlanmalıdır. Yeraltı suyuna istenmeyen atıkların girmemesi için kuyular doğrudan akifer üzerine yapılmamalı ve kurulduğu yerde kayalarda çatlaklıklar olmaması gerekir (EPA, 1993).

• *Uygunsuz şekilde terk edilmiş kuyular:* Bu kuyulara kirletici özelliği olan bazı atıklar atılmaktadır ve bu kuyular kullanma suyu, içme suyu temininde kullanılan kuyularla aynı akiferde olabilir. Uygunsuz şekilde bırakılan bu kuyular kapatılmadığında kirleticilerin kolayca yayılımını sağlayarak tehdit oluştururlar (EPA, 1993).

• *Aktif içme suyu temin edilen kuyular:* Uygunsuz şekilde yapılan kuyular kirleticilerin yayılımını kolaylaştırarak yeraltı suyunun kirlenmesine neden olur. Kirletici kaynakları ise; hayvan çiftliklerinden, septik sistemlerden gelen atıklardır (EPA, 1993).

• *Kötü inşa edilmiş sulama kuyuları:* Kuyunun yakınlarında gübreler ve pestisitler yaygın bir şekilde kullanılıyorsa, yeraltı suyunun kirlenmesi hızlanmaktadır. Çünkü kötü inşa edilmiş kuyular yeraltı suyunun kirlenmesine olanak sağlamaktadır (EPA, 1993).

-Yollarda buzlanmayı önleme çalışmaları: Kar yağışının olduğu bölgelerde buzlanmayı önlemek için yollarda tuzlama çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmadan sonra, tuzlar

yağmurun etkisiyle ve karların erimesiyle toprağa karışır ardında da yeraltı suyuna geçer. Yeraltı suyu, yolların tuzlanma işlemi ile kirlenir (EPA, 1993).

-Madencilik çalışmaları: Yeraltı sularının kirlenmesine neden olan çalışmalardan biridir. Bu çalışmalar sonunda; asit, mineral, metal, sülfit gibi atıkların yeraltı suyuna geçmesi kirliliğin oluşmasında büyük bir etkendir (EPA, 1993).

1.6. Yeraltı Sularında Nitrat Kirliliği

1.6.1. Yeraltı Sularında Azot Bileşiklerinin Kaynağı

Yeraltı suyunda nitratın yüksek konsantrasyonlarına doğal kaynaklar katkıda bulunmaktadır. Bunun bir örneği de yeraltı suyuna nitratın sızmasında orman alanlarının etkisidir. Doğal yetişkin ormanlar, yeraltı suyunun nitrat kirliliğini etkileyebilecek insani bozulmalar nedeniyle azotu muhafaza eder. Bununla birlikte, yeraltı suyu için potansiyel bir problem olurken; ormanlar, tarımsal faaliyetler ile karşılaştırıldığında azot kaynağının çok küçük bir kısmını oluşturur (Hallberg ve Keeney, 1993).

Tablo 1.3.Yeraltı Suyu Azot Kaynakları (Lerner, 2003)

Yükün tipi	Tarımsal Kaynak Alan Kullanımı
Yüzeye yayılı, devamlı	Atmosfer, gübreler, ekilebilir alan, çayır, hayvani gübreler, ormanlık alan, kanalizasyon çamuru
Dağılmış, Tekil olaylar	Toprak organik maddeleri, sürülmüş otlak alanlar
Yoğun noktasal	Sıvı gübre depoları, siloda saklanan hayvan yemi, kimyasal gübre depolarından sızıntı ve döküntü

1.6.2. Azotlu Bileşiklerin Çevreye ve İnsan Sağlığına Etkisi

Çevredeki fazla azot, kirlilik problemlerine neden olmaktadır. Bu problemler hava kalitesinin ve ormanların bozulması, göllerin ve akarsuların asidifikasyonu ve kıyı sularının

kirlenmesidir. İnsan aktivitelerinden dolayı reaktif azot global olarak artış gösterirken, büyük enerji üretimi ve ekin (mahsul) veriminin artışı bu aktiviteleri destekler konumdadır. Bu da çevreye karşı bir seri olumsuz değişiklik gösterir. İnsan aktiviteleri nedeniyle oluşan ilave reaktif azotun kirlilik problemi oluşturan kısmı; hayvanlar, bitkiler ve bakterilerin temel ihtiyaçlarını aşan kısmıdır (Çakmak, 2007).

Azotun su kalitesine etkileri; akarsu ve göllerin yüksek miktarda asidifikasyonu, yeraltı suyu kirliliği, kıyı ekosistemlerinin besi maddesi yönünden normalin üzerinde zenginleşmesi (ötrofikasyon) şeklindedir (Driscoll ve ark., 2003).

Yeraltı sularında nitrat kirliliğinin kaynağı genellikle tarımsal faaliyetlerdir. Tarımda kullanılan azotlu gübreler yeraltı sularında birikerek nitrat (NO_3) kirliliğine sebep olmaktadır. İçme suyu standartları 10 mg/L'den fazla nitrat azotu içeren suların kamuya su sağlamada kullanılmasına izin vermez. Tarımsal faaliyetlerin yapıldığı yerlerde, derinliği 40 feet'den az olan sığ kuyularda nitrat kirliliğine rastlama oranı daha yüksektir. Ayrıca, nitratın yüksek olduğu sular altı aydan küçük bebekler için risk oluşturmaktadır (Bundy ve ark., 1914).

Çocuklardaki nitrat zehirlenmesi, ilk olarak 1945'de görüldüğünden beri bir kaygı oluşturmaktadır. Küçük çocukların besinlerinde kullanılan yüksek nitrat içerikli sular "methemoglobinemia" diye isimlendirilen bir hastalığa sebep olmaktadır ki bu hastalık "mavi bebek sendromu" olarak adlandırılır (Şekil 1.6). Bu sendromdan etkilenen bebeklerin cilt renklerinin karakteristik olarak lavanta rengi veya mavi olması nedeniyle bu şekilde isimlendirilmiştir. Ayırt edilebilen mavi renk, vücudun dinlenmesi esnasında akciğerlerden oksijenin "kırmızı kan hücrelerinin" yetersizliği nedeniyle oksijenin taşınamamasına neden olur (Bundy ve ark., 1914).



Şekil 1.6. Yeni doğan bebekte "Mavi Bebek Sendromu" (Anonim, 2014)

Methemoglabinamia, genel olarak sağlıklı yetişkinleri ve diğer çocukları etkilemez. Bununla birlikte bazı bilgiler erken hamilelik döneminde ki insanlarda, nitrat kirliliği taşıyan içme sularının tüketilmesinin doğan bebeklerde doğumsal eksiklikler konusunda bir risk oluşturduğunu göstermiştir. Avusturalya, Kanada ve New Jersey'de yürütülmüş çalışmalarda nitrat seviyelerinin yüksek olduğu yerlerde yarık damak ve nöral tüp kusurlarına büyük oranda rastlanmıştır. İlave olarak hamilelik boyunca nitrata maruz kalma sonucu, gelişen fetüste methemoglobin seviyelerinin potansiyel olarak artışı ve plasentada nitrit varlığı ile karşılaşılmıştır (Bundy ve ark., 1914).

1.7. Yeraltı Sularında Nitrat Kirliliğini Önleme Çalışmaları

Yeraltı suyu kirliliği önleme çalışmaları Türkiye'nin Avrupa Birliği uyum çalışmaları kapsamında başlamıştır. Avrupa Birliği uyum çalışmaları kapsamında öncelikli olarak;

91/676/EEC sayılı Nitrat Direktifine karşılık gelen 18 Şubat 2004 tarihinde yayımlanan "Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği" kapsamında çalışmalara başlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı; tarımsal kaynaklı nitratın, suda neden olduğu kirlenmenin tespit edilmesi, azaltılması ve önlenmesidir. Türkiye'de bugüne kadar "Nitrat Direktifinin Uygulanması Projesi" olarak 20 tane mobil laboratuvar kurulmuş kapsamında alınan 20 adet mobil laboratuvar oluşturulmuş ve yurt genelinde yüzey ve yeraltı sularında yaklaşık 2 500 noktada su kalitesi izleme çalışmaları yürütülmektedir. Elde edilen veriler Nitrat Bilgi Sistemi'ne (NİBİS) online olarak işlenmektedir (Gürbüz, 2014). Bu çalışmalara ait bir örnek Şekil 1.7'de görülmektedir.



Şekil 1.7. Manisa iline ait nitrat kirliliği mobil analiz laboratuvarı

Özetle bu çalışma kapsamında Güneydoğu Anadolu Projesi sınırı içerisinde bulunan önemli alanlardan biri olan Harran Ovası'nın 2005-2006 yılları arasında yapılan çalışmada belirlenen özellikle nitrat kirliliği ve diğer kirlilik parametrelerinin 2014-2015 yılları arasındaki değişimi araştırılarak, alansal dağılımlarındaki farklılıkların tekrar ortaya konulması; ayrıca, ovada sulama suyu kalitesi açısından önemli prametreler olan %Na ve SAR değerleri hesaplanarak, Wilcox diyagramı ve ABD tuzluluk diyagramlarının oluşturulması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (1972) tarafından Harran Ovası'nın hidrojeolojik etüd çalışması yapılarak, bu çalışma; ovanın jeolojik ve hidrojeolojik haritası hazırlanmıştır. 1968 yılında yapılan çalışmada ovanın hangi derinliğinde yeraltı suyunun bulunduğunu, akifer özelliği ve yeraltı suyu hareketini belirlenmiştir.

Kovancı (1979) İç Ege Bölgesinde 48 adet örnekleme noktasında yaptığı çalışamada sulama suyu olarak kullanılan yeraltı sularında nitrat değerlerinin yüksek çıkmadığını tespit etmiştir. Örnekleme noktalarından sadece Manisa'nın Selendi ilçesinde nitrat değerinin 448.3 mg/L olduğunu tespit etmiştir.

Logan ve ark. (1980) Kuzey Amerika'da geniş çalışma alanında nitrat değerlerinin azotlu gübre kullanılması ile arttığını belirlemişlerdir.

Yahşi (1981) Bursa Ovası'nda açılmış olan izleme noktalarıda nitrat değerler 16-20 mg/L olarak tespit edilmiş ve ovada gübrelemenin yapıldığı dönemlerde aynı izleme noktalarında, nitrat değerlerinin 110-150 mg/L' ye kadar yükseldiğini saptamıştır.

Saatçi ve ark.(1988) Melendiz çayının kirliliği incelenerek nitrat konsantrasyonunun 83.7-120.9 mg/L arasında olduğu belirlenerek kirlilik kaynağının endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Power ve Scheders (1989) Nitrat kirliliğinin uzun yıllar yapılan tarımsal faaliyetlerinin etkisi olduğunu ve buna en çok azotlu gübre kullanımının etkisi olduğunu belirtmiştir.

Kaçaroğlu (1994) Eskişehir Ovası yeraltı suyu kalitesi ve kirliliği ile ilgili yaptığı çalışmada; yeraltı suyunun beslenimi ve kullanımı ile yeraltı suyu kirliliğinin nedenlerini, boyutlarını ortaya koymuş ve kirliliğin önlenmesi için ne yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Ball (1995) yeraltı suyu kirliliği oluşum nedenlerini araştıran İskoçya Ofisinde özellikle Doğu İskoçya'daki birçok akiferde yeraltı suyu kirliliğinin nitrat kaynaklı olduğunu rapor etmişlerdir.

Şen (1996) Bursa yöresinde yaptığı çalışmada; Bursa Nilüfer ve Ayvalı havzalarında bulunan 35 kuyuda nitrat konsantrasyonlarını ölçmüş olup, TS 266 ve WHO içme suyu standartlarının izin verdiği maksimum sınır değerlere ulaşan nitrat kirlenmesinin olduğunu saptamıştır.

Water and Rivers Commission (1996) Batı Avustralya Perth'de yaptıkları çalışmada; bahçe sulamalarında; killi topraklarda 200 kg/ha ve işlenmemiş kumlu topraklarda 140 kg/ha'dan daha fazla miktarda toprağa verilen azotun yeraltı suyundaki nitrat konsantrasyonunun içme suyu kriterlerini aşmasına neden olduğunu saptamışlardır.

Menengiç (1998) Göksu Deltası (Silifke-İçel) yeraltı suyu kirliliğini araştıran çalışmasında; deltadaki iki büyük su kütlesinin, yani Akgöl ve Paradeniz'in deltadaki tarımsal faaliyetlere bağlı olarak gerçekleştiğini ve drenaj kanallarından elde edilen NH_3-N değerinin yüksek olduğunu saptamıştır.

Özçelik (1998) Eskişehir Ovası'ndaki yeraltı suyu kirliliğinin düzeyi, alansal yayılımı, kimyasal özellikleri ve mevsimsel değişiminin ortaya konması amacı ile gerçekleştirilen çalışmasında alüvyon akiferde bulunan yeraltı suyunun; fosseptikler, Porsuk çayı ve sulama kanalları vasıtasıyla taşınan kirli sular, tarımsal gübreleme ve ilaçlamanın etkisiyle meydana geldiğini ifade etmiştir. Eskişehir Ovası'ndaki azotun (NO_2, NO_3, NH_3) standartları aştığını ve Eskişehir merkezinde sıcaksu bölgesindeki yeraltı suyunun kirlendiği tespit edilmiştir.

WHO (1998) yeraltı suları ve yüzeysel sularda NO_3 konsantrasyonunun normalde düşük olduğunu, ancak tarımsal faaliyetler, atıkların gelişigüzel bertarafı, atıksular ve hayvansal atıklardan dolayı yeraltı suyu kirlenmesinde önemli bir oranda artışın olabileceğini rapor etmiştir.

Kaplan ve ark. (1999) Antalya–Kumluca yöresindeki 20 kuyudan alınan suların nitrat konsantrasyonlarını belirlemiş ve NO_3 konsantrasyonunu 2.46-164.91 mg/L olarak belirlemiştir.

Babiker ve ark. (2004) tarafından yoğun tarımsal üretiminden kaynaklanan nitratın yeraltı suyuna etkisini coğrafi bilgi sistemi ile araştırılması yapılmış ve üretilen bitki çeşidine göre yeraltı suyunda nitrat kirliliği tespit edilmiştir.

Fytianos ve Christophoridis (2004) Yunanistan'ın kuzeyinde 52 örnekleme noktasında yapılan çalışmada nitrat miktarının yüksek çıktığını saptamıştır. YAS'da en sık karşılaşılan kirleticilerden birinin NO_3 olduğunu ve bunun nedeninin çözünebilirliği ve anyonik yapısından kaynaklandığını dolayısıyla çabuk mobilize olduğunu bildirmişlerdir.

Mahvi ve ark. (2005) Tarımsal aktivitelerden kaynaklanan yeraltı suyu NO_3 kirliliği araştırmalarında 168 yeraltı suyu örnekleme noktasından aldıkları numuneleri incelemişler ve WHO'ya göre 50 mg/L değerinin üzerinde sonuçlara rastlanmamıştır.

Yıldırım ve Topkaya (2005) Antalya'da yapılan çalışmada yeraltı sularının kirletici odaklarının yerini GPS ile belirlemişler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı ve DRASTIC modeli kullanarak yeraltı sularının kirleticilere karşı hassasiyet haritalarını oluşturmuşlardır. Kentin büyüme yönünü 1975 yılı Landsat MSS, 1987 yılı Landsat TM ve 2002 yılı Landsat ETM+ uydu verileri ile tespit ederek CBS yazılımına aktarmışlar. Elde edilen bu bilgilerin karşılaştırılmasıyla içme sularını tehdit edebilecek faktörleri tespit etmişlerdir.

Bayındır (2006) Harran Ovası'nın yeraltı suyu kalitesini ve kirlenme durumunu serbest akiferde araştırmak için, 23 kuyudan aldığı numunelerde; EC, sıcaklık, pH, anyon ve katyon analizleri yaparak ovanın en çok kirliliğe sahip yerlerini tespit etmiştir. Kirlenme potansiyelini belirleyerek, yeraltı suyu kalitesini tespit etmiştir.

Ağaoğlu ve ark. (2007) Van bölgesi su kaynaklarında 366 adet su örneği kullanarak nitrat ve nitrit düzeylerini araştırmış ve analiz bulgularına göre; Van merkez ve ilçelerinde bulunan su kaynaklarında ortalama NO_3 düzeylerini sırasıyla 35.927±5.706 ppm ve 24.752±9.262 ppm (kuyu), 5.158±0.931 ppm ve 4.990±0.665 ppm (dere), 19.065±3.770 ppm ve 14.610±2.523 ppm (kaynak/çeşme), 9.609±3.021 ppm ve 14.114±2.503 ppm (musluk), 6.325±2.850 ppm ve 7.390±1.582 ppm (depo) olarak saptamıştır.

Durmaz ve ark. (2007) Şanlıurfa ili ve çevresinde 83 gözlem noktarında yapılan çalışmada nitrat değerinin 0.63-46.61 mg/L ve nitrit değerinin 0-0.14 mg/L arasında olduğunu tespit ederek bu değerlerin " İnsani Tüketim Amaçlı Sular"a göre uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Polat ve ark. (2007) yapmış olduğu çalışmada İzmir- Nif Dağı bölgesinde mevsimsel olarak yeraltı suyunda, nitrat kirliliğini belirleyerek nitrat kirlilik haritaları oluşturmuşlardır. Sonuç olarak nitrat konsantrasyonlarının 50 mg/L'den yüksek olduğu değerlere rastlanmıştır.

Balkanlıoğlu (2008) "Gaziantep'te Kuyu Suları Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri" adlı yüksek lisans tezinde; Gaziantep şehri, Şehitkâmil merkez ilçe sınırları içerisinde yer alan Değirmiçem, Sarıgüllük ve Batıkent mahallelerinde yer alan klorsuz kuyu sularında nitrat, nitrat azotu, kadmiyum ve koliform içeriklerinin araştırılması amacıyla yapmış olduğu çalışmada nitrat değerini 9.69–25.4 mg/L, nitrat azotu 2.15–5.7 mg/L, kadmiyum 0.014–1.34 mg/L, koliform değerini ise 0–240 mg/L arasında olduğunu belirlemiştir.

Yeşilnacar ve Güllüoğlu (2008) Harran Ovası'nda yeraltı suyu kalitesini belirlemek için dokuz aylık bir sürede, 24 gözlem kuyundan aldıkları numuneler üzerinde birçok parametreye bakmışlardır. Sonuçlarını SKKY, TS 266, EU ve WHO'ya göre birbiriyle karşılaştırmış ve Piper, Wilcox, Schoeller diyagramlarına göre sula açısından sınıflandırma yapmışlardır. Yüzey sulamasından sonra sığ akiferde ovanın yeraltı suyu kalitesinin boyutlarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada çeşitli fiziksel ve kimyasal parametreler ölçülmüş, insan tüketimi ve tarımsal kullanımlar için hidrokimyasal olarak uygunluğu belirlenmiştir.

Yeşilnacar ve ark. (2008) Yeraltı sularında sığ akiferdeki kirleticileri ANN (yapay sini ağları) ile modelleyerek nitrat değerlerini tahmin etmişler ve örnekleme noktalarındaki sonuçlar 50 mg/L'nin üzerinde çıkmıştır.

Bilgili ve ark. (2011) Harran Ovası'nda tuzluluktan etkilenmiş alanlarda yer alan toprakların geleneksel ve çok değişkenli jeoistatistiksel metotlar kullanılarak haritalamasını gerçekleştirmiştir.

Acar ve ark. (2012) Kütahya'nın Emet ve Hisarcık ilçelerinde yeraltı suyu örneklerini 10 adet izleme noktasından aldıkları numuneleri; inorganik, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik açıdan incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonrasında SPSS 11.5 programını kullanarak varyans analizi yapmışlar ve bu uygulamadan sonra "Tukey çoklu karşılaştırma testi" yapılarak sonuçlar arasındaki farklılıklar belirlemişlerdir.

Demir (2013) Silifke Ovası'nda sulama sularının analizlerini yaparak, ABD Tuzluluk diyagramına göre sınıflandırma yapmıştır. Bu sınıflandırmaya göre C2 ve C3 olarak sulama suyunun orta ve yüksek tuzluluk sınıfında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca alınan örneklerin EC değerlerinin 437-2103 mhos/cm arasında olduğunu belirterek, EC değerlerinin yüksek çıkmasının nedenini; yeraltı suyuna, deniz suyunun karışması olarak açıklamıştır.

Ertaş ve ark. (2013) Kayseri ve çevresi kullanma sularındaki nitrat ve nitrit düzeylerinin tespit etme amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda NO_3 düzeyleri ve ortalama değerleri sırasıyla; 2.08-12.52 mg/L, 5.02-10.04 mg/L aralıklarında olduğunu saptamıştır.

Mutlu ve ark. (2013) Sivas – Kurugöl'de mevsimsel olarak su kalite parametrelerini belirlemek için çalışma yapmıştır. Çalışması sonucunda, gölün ortalama nitrat değerlerini 4.75 mg/L olarak tespit etmiştir. En yüksek nitrat değerini 8.98 mg/L olarak eylül ayında olduğunu belirtmiştir.

Demir-Yetiş (2013) Ceylanpınar Ovası'nda yeraltı suyu kalitesini belirlemek için yaptığı çalışmayı mevsimsel olarak gerçekleştirmiştir. Gökçepınar ve Beyazkule gözlem kuyularından alınan sonuçlara göre nitrat değeri kabul edilebilir değer olan 50 mg/L'den fazla tespit edilmiştir. Ayrıca sulama suyu sınıflandırmasını Scholler, Wilcox, ABD Tuzluluk diyagramlarına göre belirlemiştir. Ağır metal açısından herhangi bir tehlikenin olmadığını tespit etmiştir.

Gürbüz ve ark. (2014) Doğu Anadolu Bölgesinde 14 ilde yüzey sularda 114 yeraltı sularda 55 adet toplamda 169 istasyon olmak üzere devam ettikleri çalışmada 2013 yılı nitrat değerlendirme sonuçlarına göre genel anlamda 1 ilde 3 istasyon dışında NO_3 kirliliği için kritik değer olan 50 mg/L den yüksek değere rastlamamışlardır.

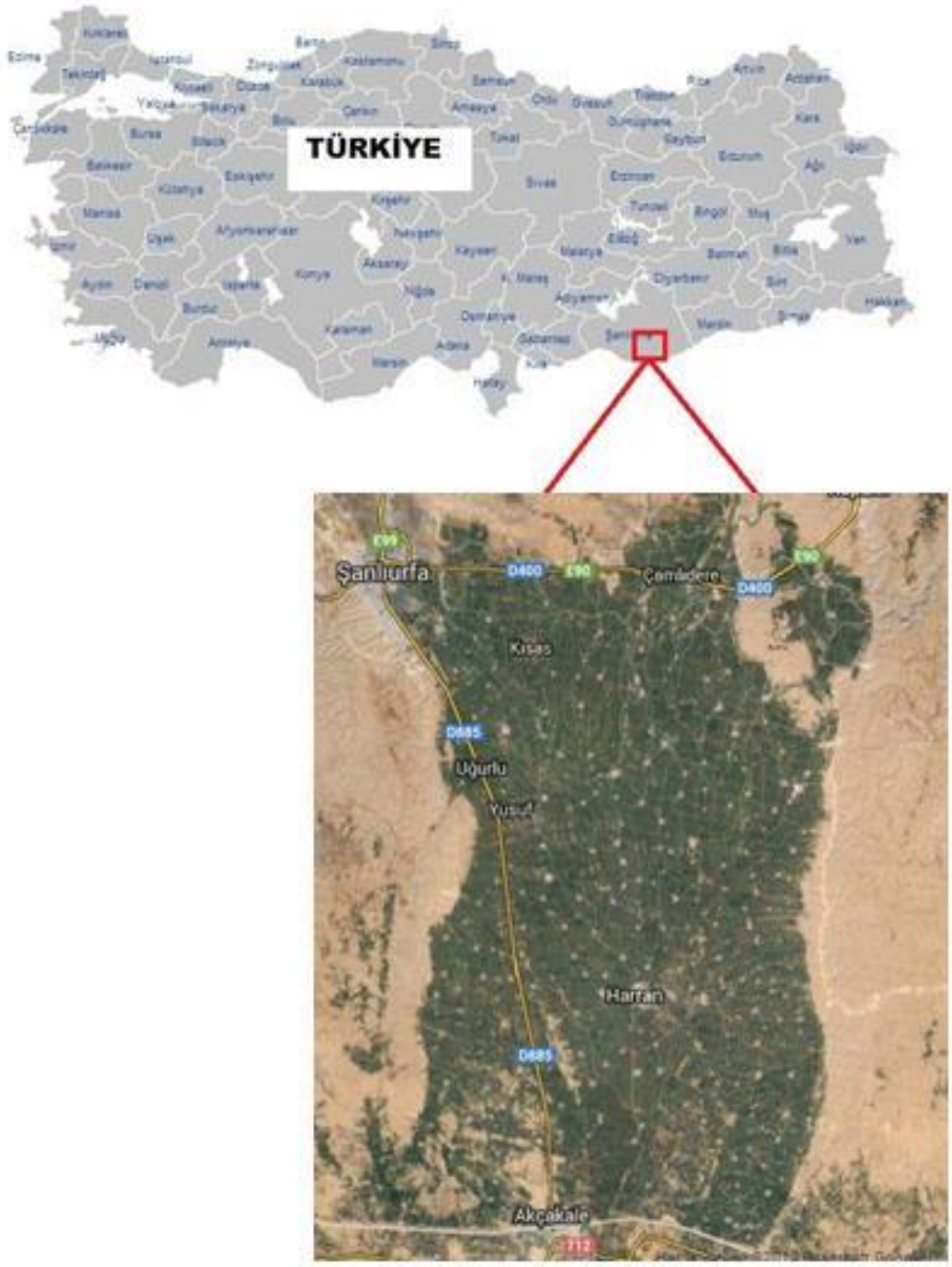
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1.Materyal

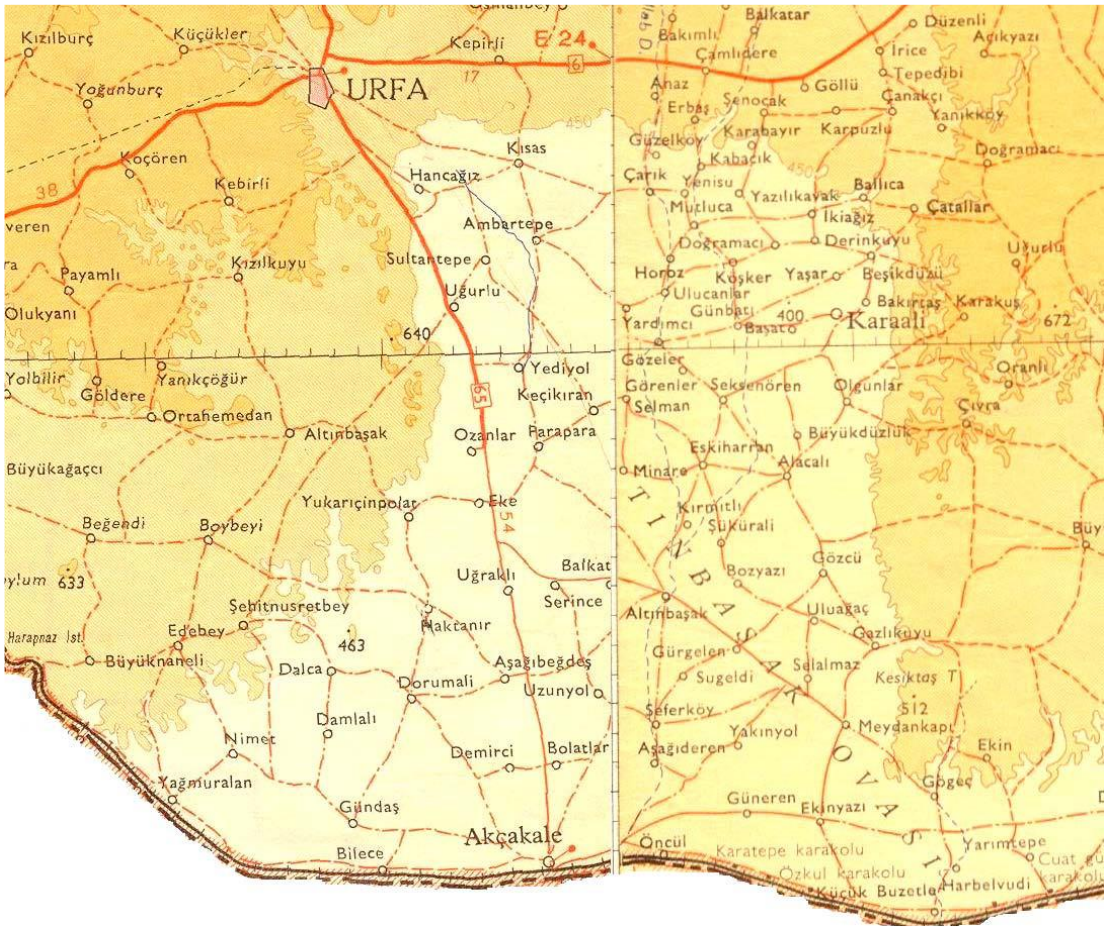
3.1.1. Çalışma Alanı

Harran Ovası Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde; Şanlıurfa ilinin güneydoğusunda, Türkiye - Suriye sınırının kuzeyinde yer alır (Şekil 3.1 - Şekil 3.2). Çalışma alanı, 36° 42' K - 37° 10' K enlemleriyle. 38° 50' D - 39° 10' D boylamları arasında yer alır. Drenaj alanı 3 700 km² olup bunun 1 500 km²'lik kısmını ova alanı oluşturur.

Ova kuzeyden Şanlıurfa - Mardin karayolu ile başlamakta olup güneyde Suriye'ye açılmakta ve Suriye topraklarında da devam etmektedir. Doğuda Ceylanpınar havzasından Tektek dağları, batıda ise Suruç havzasından Fatik dağları ile ayrılır. Kuzeyi ise oldukça tepeliktir ve doğu batı yönünde tam bir sınırlama vardır. Doğuda Tektek dağları 600 - 700 m, batıda Fatik dağları 800 m'ye kadar yükselir. Kuzeyde ise 850 m'ye varan tepeler ovayı çevreler. Ovada rakım; kuzeyde 500 m'den güneyde Türkiye - Suriye sınırı civarında 350 m'ye kadar düşer.



Şekil 3.1. Çalışma alanın yeri



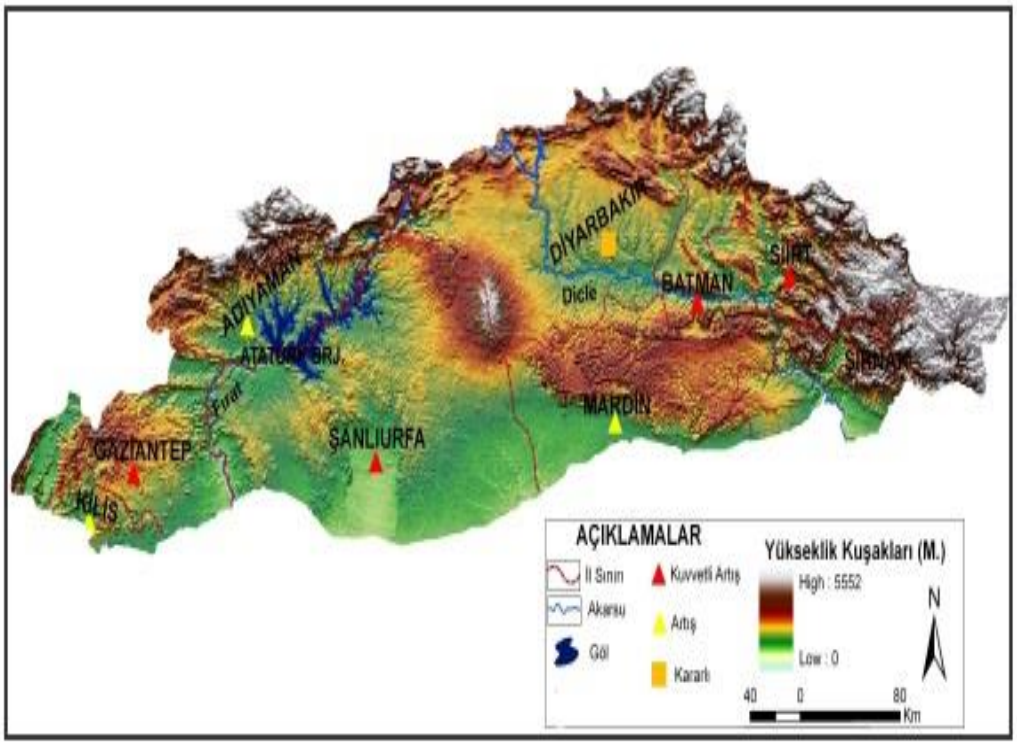
Şekil 3.2. Çalışma alanının fiziki haritası

Şanlıurfa ilinde sulama yapılan alan şuanda 4.5 milyon dekar civarında olup sulanacak alanın 8.3 milyon dekara çıkarılacak şekilde GAP projesi planlanmıştır.

Ova; kurak ve yarı kurak iklim tipindedir. Akçakale Meteoroloji istasyonu verilerine göre 1950-2014 uzun yıllar yağış ortalaması 459.4 kg/m^2, sıcaklık ortalaması 18.3 ^{o}C'dir (Tablo 3.1). Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında bölgenin yağış eğilimine ait 2008-2023 yılları arasındaki dağılım Şekil 3.3'de görülmektedir.

Tablo 3.1. Uzun yıllar yağış ve sıcaklık ortalaması

ŞANLIURFA	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
	Uzun Yıllar İçinde Gerçeklşen Ortalama Değerler (1950-2014)											
Ortalama Sıcaklık ºC	5.6	6.9	10.9	16.2	22.1	28.1	31.9	31.3	26.8	20.1	12.6	7.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık ºC	10.0	11.9	16.5	22.3	28.6	34.6	38.7	38.3	33.8	26.9	18.5	11.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık ºC	2.2	2.9	6.0	10.5	15.4	20.7	24.3	24.0	20.0	14.6	8.4	4.1
Ortalama Güneşlenme Süresi	4.1	5.1	6.2	7.5	10.1	12.2	12.3	11.4	10.1	8.6	5.6	4.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.4	11.0	10.9	9.6	6.7	1.6	0.3	0.2	0.9	5.0	8.0	11.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması	84.8	70.5	65.9	49.6	29.4	4.0	0.6	0.8	2.9	25.3	46.0	79.6



Şekil 3.3. GAP alanında yağış eğilimine ait dağılım (Bahadır, 2011)

3.1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Hidrojeolojisi

Harran Ovası jeomorfolojik açıdan bir grabendir ve literatüre Akçakale Grabeni olarak geçmiştir. Bölgede jeolojik formasyonlar tortul ve volkanik kayaçlardan meydana gelmektedir. Magmatik kayaç olarak yalnız bazaltlar bulunur. Bazaltlar ovayı çevreleyen bazı tepelerin üzerinde yersel olarak görülürler. Bu bazaltlar Karacadağ volkanizmasının püskürükleridir (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5) (DSİ, 1972; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Çalışma alanında jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru gösterilmiştir. Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri şu şekildedir:

Paleosen: Çalışma alanındaki en yaşlı birimidir. Hidrolojik özelliği geçirimsiz taban kayasıdır. Kalınlığı yaklaşık 800 m'dir (DSİ, 1972; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Eosen: Genellikle kireçtaşlarından oluşmuştur. Bol su taşıyan derin akifer niteliğindedir. Kalınlığı yaklaşık 300 m civarındadır. Açılan kuyularda 20-100 L/s su alınabilmektedir. Beslenme sahasının yüksek kotlarda olması ve üzerinde geçirimsiz Pliyosen killerinin bulunması nedeniyle bu birim basınçlı akifer niteliği kazanmıştır (DSİ, 1972; Yeşilnacar ve ark., 2007).

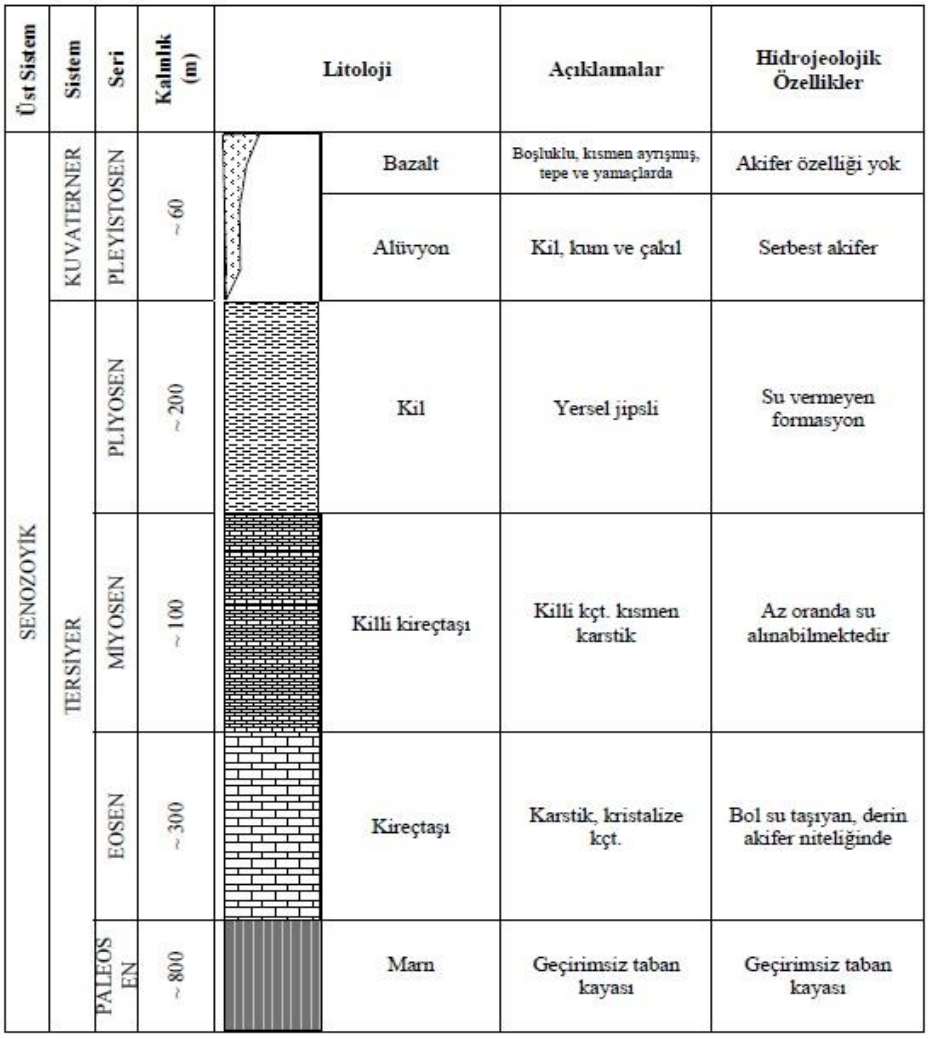
Miyosen: Killi kireçtaşlarından oluşmuştur. Karstik yapılar kısmen geliştiğinden akifer özelliği gösterir. Kalınlığı yaklaşık 100 m civarındadır. Açılan kuyularda 10-30 L/s su alınabilmektedir (DSİ, 1972; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Pliyosen: Yersel olarak jipsli seviyeler bulunduran killerden oluşmuştur. Kalınlığı yaklaşık 200 m civarındadır. Su vermeyen formasyondur (DSİ, 1972; Yeşilnacar ve ark., 2007).

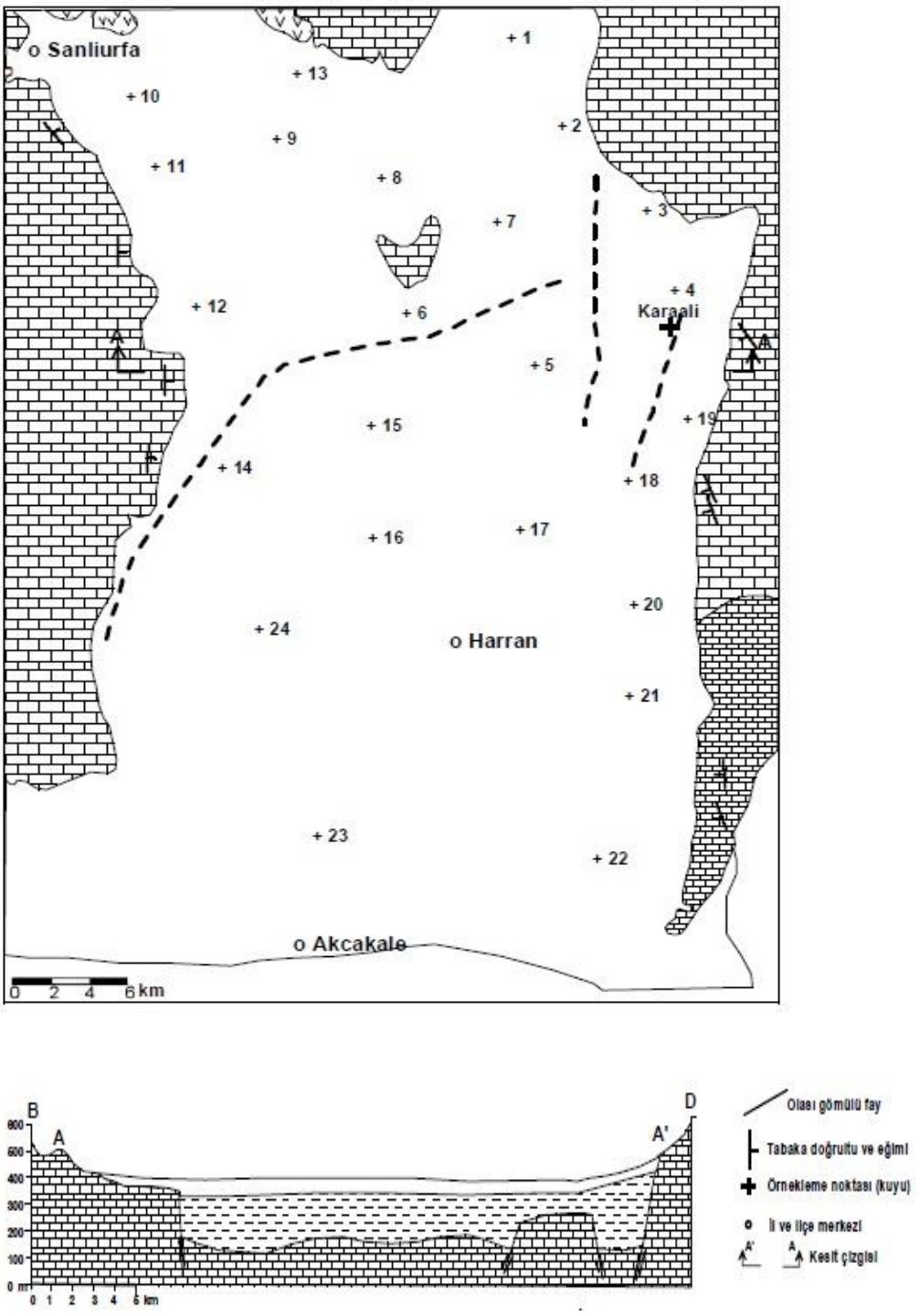
Pleyistosen: Pliyosen killeri üzerinde; killi, kumlu ve çakılı seviyeler şeklinde bulunan bu birim yüzeyde serbest akiferi oluşturur. Kalınlığı yaklaşık 60 m civarındadır. Çalışmada örnek alınan kuyular bu birimin içerisinde yer alır. Pliyosen killeri üzerinde bulunan bu birimde açılmış yüzlerce sığ kuyu mevcuttur. Alta bulunan Pliyosen kili yeraltı suyunun derine sızmasını engelleyerek kum ve çakılda birikmesine neden olur. Pleyistosen yaşlı kil, kum ve çakıl birimi hazne, Pliyosen kili ise geçirimsiz taban özelliği gösterir. Bu birimde yüzey sulamasına bağlı olarak su seviyesinde yükselimler olmuştur (DSİ, 1972; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Harran Ovasında bu kuyularda statik su seviyesi 0.5-10 m arasındadır. Ova genelinde yeraltı suyu akış yönü kuzeyden güneye doğrudur.

Harran Ovası genelinde nitrat konsantrasyonunun değişip değişmediğini tespit etmek amacıyla; Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada seçilen örnekleme kuyuları serbest akifer özelliği gösteren, 60 metre kalınlığında Pleyistosen serisinden seçilmiş olup bu çalışmada da aynı kuyulardan örnekler alınmıştır.



Şekil 3.4. Harran Ovası'nın genel stratigrafik sütun kesiti ve özellikleri (Yeşilnacar ve ark., 2007)



Şekil 3.5. Çalışma alanı jeoloji haritası ve enkesiti (Yeşilnacar ve ark., 2007)

3.1.3. Örnekleme Çalışmaları

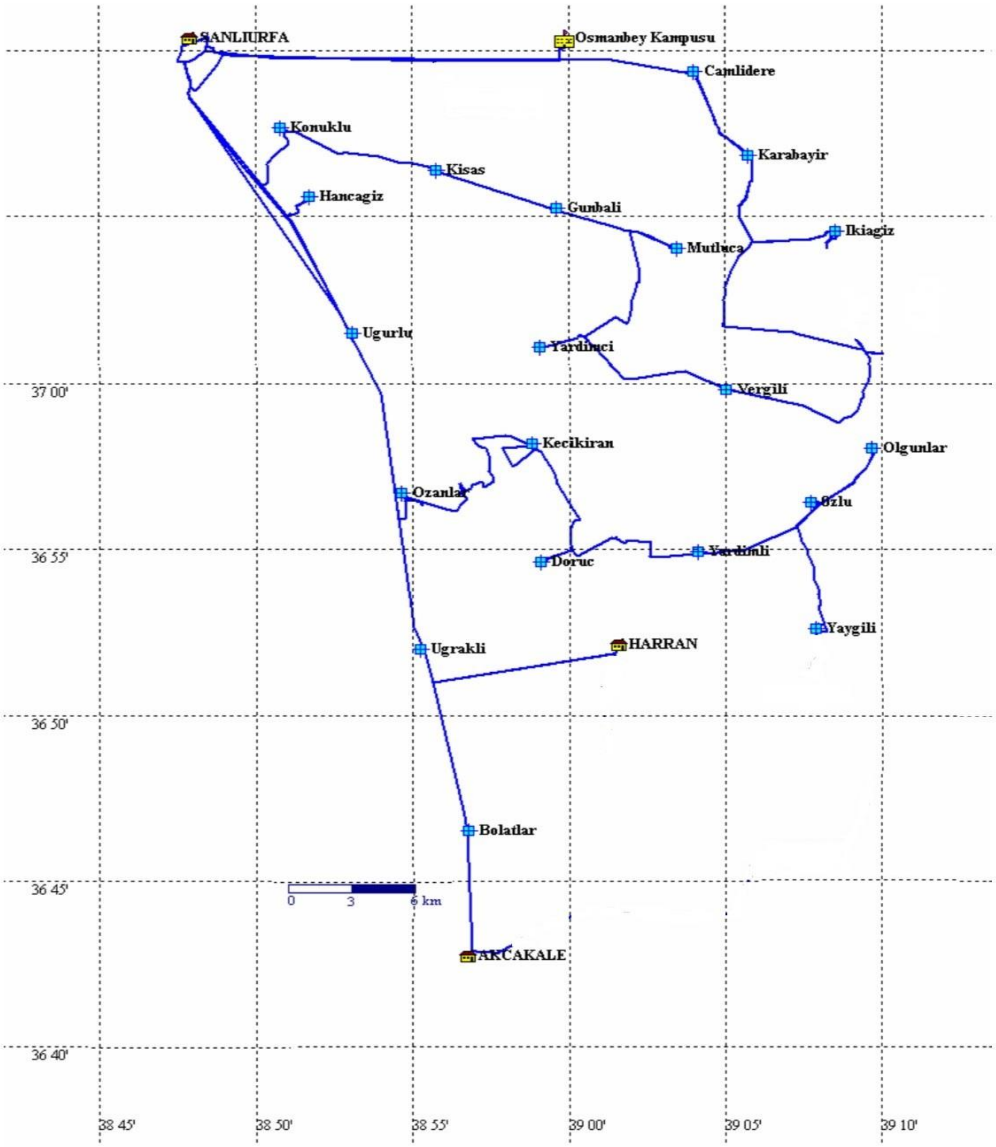
Harran Ovası'nda Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından 2005-2006 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmada belirlenmiş olan 20 tane örnekleme noktasından Mayıs 2014, Ağustos 2014, Kasım 2014 ve Şubat 2015 tarihleri arasında mevsimsel olarak yeraltı suyu örnekleri alınmıştır (Şekil 3.6, Şekil 3.7). Yapılan bu çalışmada; pH, sıcaklık ve EC değerleri yerinde ölçülmüş, katyon (Ca^{+2}, K^{+}, Na^{+}, Mg^{+2}) analizleri Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında gerçekleştrilmiş ve anyon (NO_3^{-}, SO_4^{-2}, CI^{-}, HCO_3^{-}) analizleri ise Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır. Örnekleme noktalarından yeraltı suyu numuneleri alınmadan önce noktalara ait koordinatlar Magellan marka GPS cihazı ile kaydedilmiştir (Tablo 3.2). Örnekleme sırasında yapılan çalışmalar Şekil 3.8'de görülmektedir.

Tablo 3.2. Örnekleme noktası koordinatları

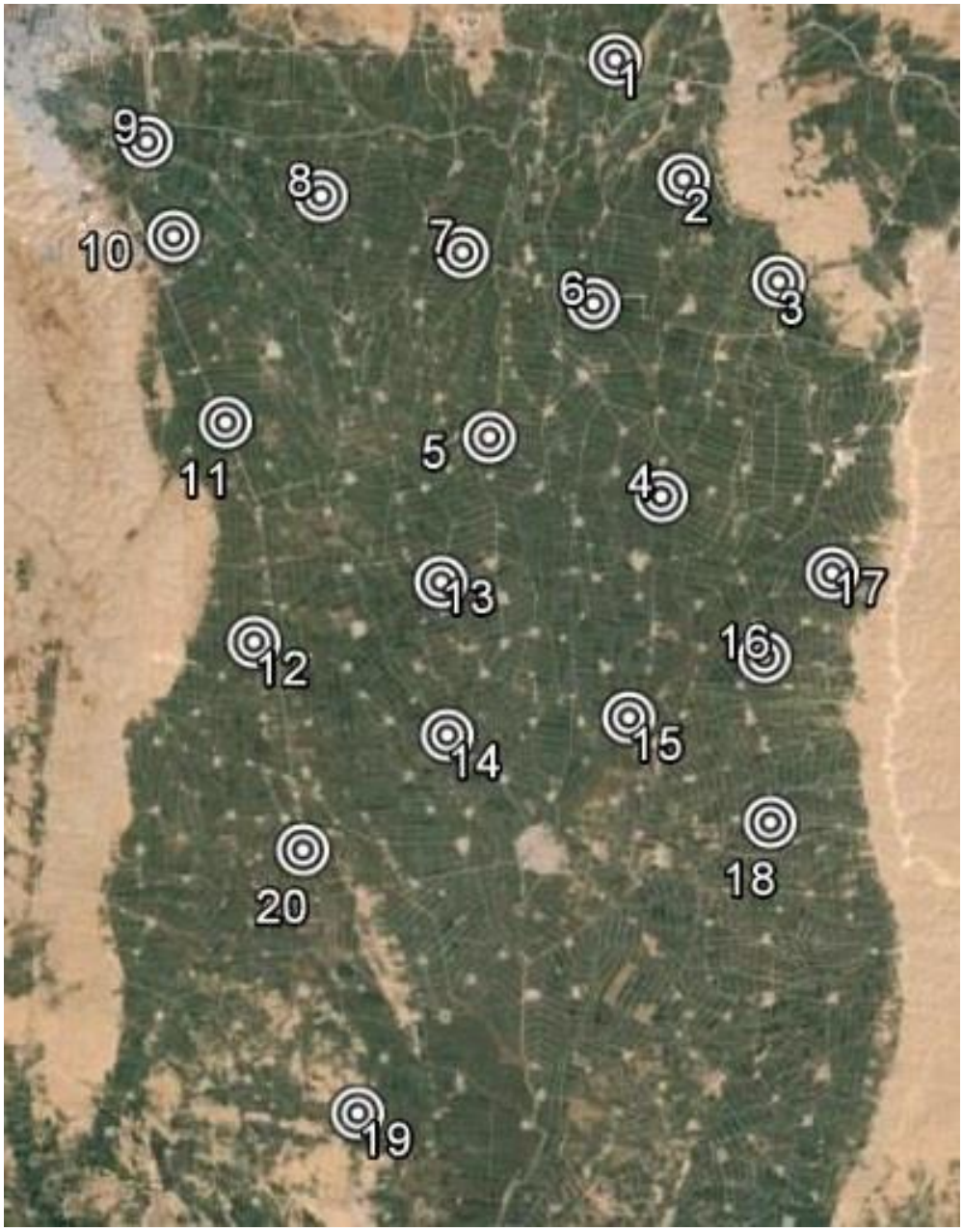
No	MEVKİ	KOORDİNATLAR		
		X	Y	Kot
1	Çamlıdere	37505956 D	4112201 K	467
2	Karabayır	37508583 D	4107479 K	441
3	İkiağız	37512697 D	4103305 K	435
4	Vergili	37507533 D	4094542 K	382
5	Yardımcı	37498748 D	4096830 K	397
6	Mutluca	37505210 D	4102340 K	413
7	Günbalı	37499478 D	4104528 K	430
8	Kısas	37493783 D	4106671 K	440
9	Konuklu	37486437 D	4109036 K	458

Tablo 3.2. (Devam)

10	Hancağız	37487792 D	4105184 K	438
11	Uğurlu	37489830 D	4097599 K	414
12	Ozanlar	37492138 D	4088787 K	374
13	Keçikıran	37498333 D	4091534K	384
14	Kızıldoruç	37498728 D	4084946 K	374
15	Yardımlı	37506171 D	4085531 K	367
16	Özlü	37511538 D	4088236 K	382
17	Olgunlar	37514445 D	4091260 K	394
18	Yaygılı	37511805 D	4081203 K	388
19	Bolatlar	37495294 D	4069889 K	365
20	Uğraklı	37492993 D	4080025 K	369



Şekil 3.6. Çalışma alanı örnekleme kuyularının lokasyon ve güzergah haritası



Şekil 3.7. Örnekleme noktalarının yerleri



1.Çamlıdere



2.Karabayır



3.İkiağız



4.Vergili



5.Yardımcı



6.Mutluca



7.Günbalı



8. Kısas

Şekil 3.8. Örnek alımı sırasındaki görüntüler



9. Konuklu



10. Hancağız



11. Uğurlu



12. Ozanlar



13. Keçikıran



14. Kızıldoruç

Şekil 3.8. (Devam)



15. Yardımlı



16.Özlü



17. Olgunlar



18. Yaygılı



19. Bolatlar



20.Uğraklı

Şekil 3.8. (Devam)

3.1.4. Kullanılan Alet ve Cihazlar

Bu çalışma; arazi, laboratuvar ve bilgisayar çalışması olarak üç ana bölümden oluşmuştur. Bu bölümlerde kullanılan alet, cihaz ve yazılımlara ait liste Tablo 3.3' de yer almaktadır.

Tablo 3.3. Kullanılan cihaz listesi

Analizlerde Kullanılan Cihaz Listesi	
Adı ve Modeli	**Kullanım Amacı**
Magellan Marka el tipi GPS aleti	Örnekleme yapılacak kuyulara ait koordinat ölçümü
Hach Lange HQ40D Multi	Sıcaklık, pH ve EC ölçümleri
Saf-su Cihazı	Laboratuvar çalışmalarında saf su ihtiyacını karşılamak
Buzdolabı	Alınan numunelerin uygun ortamlarda saklanması için
Merck Nova 60 Fotometre	Nitrat, sülfat ve klorür analizleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklerin Analizi

Harran Ovası'nda 2014 - 2015 yılları arasında mevsimsel gerçekleştirilen bu çalışmada 20 örnekleme noktasından alınan yeraltı suyu numunlerinde yerinde; sıcaklık (ºC), pH ve EC (µS/cm); Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında Ca^{+}, Mg^{+2}, Na^{+} ve K^{+}; Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında CI^{-}, SO_4^{-2},NO_3^{-}, HCO_3^{-} analizleri gerçekleştirilmiştir. Kuyulardan alınan numuneler "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodu Tebliği" ve "Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği"ne göre alınmış ve uygun koşullarda saklanarak laboratuvara getirilmiştir.

Arazi çalışması sırasında örneklerin alınması ve muhafaza edilmesi sırasında bu örneklerin laboratuvara bekletilmeden getirilmesi, çok titiz, doğru, hassas ve güvenilir bir çalışmayı gerektirdiğinden aşağıda belirtilen ulusal ve uluslararası yönergelere uyulmuştur (Tablo 3.4).

Tablo 3.4.Yeraltı suyu parametrelerini izlemek için örnek alma prosedürleri

Parametre	**Şişe tipi**	**Koruma**	**Analiz için minimum miktar(mL)**	**Saklama zamanı**
pH	Polyester veya cam	Yerinde analiz yapılmalı	25	48 saaten az
Özel durumlarda	Polyester veya cam	4 ^{o}C nin altında	100	28 gün
Alkalinite ve bikarbonat	Polyester veya cam	4 ^{o}C nin altında	100	14 gün
TDS	Polyester veya cam	4 ^{o}C nin altında	100	7 gün
Klorür	Polyester veya cam	Yok	50	28 gün
Nitrat	Polyester veya cam	4 ^{o}C nin altında (<48 saat)veya H_2SO_4 pH<2	100	28 gün
Sülfat	Polyester veya cam	4 ^{o}C nin altında	50	28 gün
Metal çözeltileri	Polyester veya cam	Filitre edilerek HNO_3 pH<2	200	6 ay
Toplam metal	Polyester veya cam	HNO_3 pH<2	100	6 ay
Sertlik	Polyester veya cam	HNO_3 pH<2	100	6 ay

- D4448-01 Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells (ASTM, 2001)
- D6517-00 Standard Guide for Field Preservation of Ground-Water Samples (ASTM, 2005)
- TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997. Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri – Kılavuzu (TSE, 1997a)
- TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997. Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları (TSE, 1997b)
- Numune Alma Kılavuzu 2004-1 (Anonim, 2004).
- Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (Anonim, 1991)
- Yeraltı suyundan genel maksatlı numune alınmasına ilişkin işlemler "TS ISO 5667-11 Su Kalitesi -Numune Alma - Bölüm 11 – Yeraltı Sularından Numune Alma Kılavuzu"na ve "TS 9359 Su kalitesi – Yer altı Suyu Kontrol Kuyularından Numune Alma
- Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği (Anonim, 2015)

Çalışmada; yerinde ölçüm yapılan (sıcaklık, pH ve EC); laboratuvarda ölçülen Ca^{+}, Mg^{+2}, Na^{+} ve K^{+}, CI^{-}, SO_4^{-2}, NO_3^{-} ve HCO_3^{-} gibi parametrelerin analizleri ve haritalama işlemleri için aşağıda özellikleri belirtilen cihazlar kullanılmıştır.

GPS Aleti: Gözlem noktalarının (kuyuların) yerlerinin tespiti için, koordinat ve kotlar Magellan marka Meridian Platinum el tipi GPS ile ölçülmüştür. Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. El tipi GPS cihazı

Hach Lange Hq40d Portatif Cihazı: Örnekleme kuyularının yerinde EC, pH ve sıcaklık değerleri Hach Lange HQ40D portatif cihaz ile tespit edilmiştir. Merck marka solüsyon ve çözeltiler kullanılmıştır. Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Hach Lange HQ40D portatif cihazı ve aksesuarları

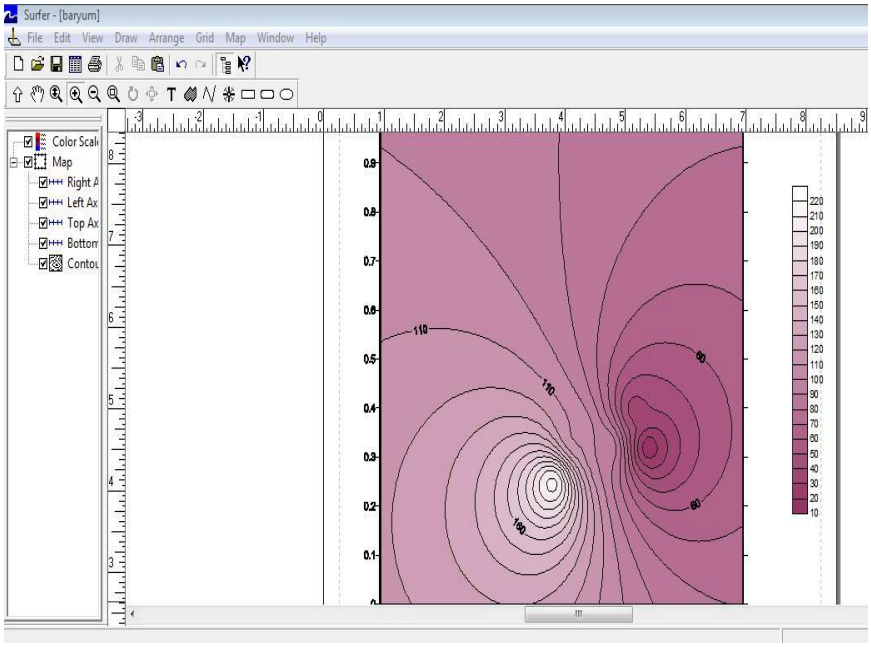
Nova 60 Fotometre: Cl^-, SO_4^{-2} ve NO_3^- anyonları Nova 60 fotometre cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11). Anyon analizleri için Merck marka kitler kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Nova 60 Fotometre

GPS TrackMaker Professional 3.8: Magellan marka Meridian Platinum el tipi GPS aleti ile arazide alınan koordinatlar cihazın belleğine alınır. Daha sonra, GPS aleti RS-232 kablosuyla bilgisayara bağlandıktan sonra bu yazılım vasıtasıyla veriler bilgisayara aktarılır. Aktarılan verilerle otomatik olarak çalışma sahasının tüm koordinatları, güzergah, zaman, mesafe ve hız gibi bilgiler oluşturulan haritada görünür hale gelir. Elde edilen bu harita GIS türü yazılımlara altlık teşkil eder.

Surfer Version 11.Golden Software. Inc: Bu yazılım genel olarak 3D alan modellemesi, harita oluşturma gibi amaçlar için kullanılır. Bu çalışmada GPS TrackMaker® Professional 3.8 yazılımıyla oluşturulan harita bu yazılımda kullanılmıştır. Sayısallaştırılmış ve xyz koordinat değerlerinin yerine su kalitesi parametreleri girilerek; eş-nitrat, eş EC gibi haritalar oluşturulmuştur. Surfer yazılımının ekran görüntüsüne ait örnek Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. Surfer yazılımına ait ekran görüntüsü

3.2.2. Verilerin Sınıflanması

Su Kalitesi Uygunluğu Açısından Yapılan Sınıflama:

Harran Ovası'nda yapılan bu çalışmada suyun kullanım amacı, karakterik ve nitelik yönünden mevcut durumunun tespiti ve önceki yıllara nazaran değişimin belirlenmesi amacıyla alınan yeraltı suları ulusal ve uluslararsı standart ve sınıflamalara tabi tutulmuştur. Bu kapsamda kullanılan yönetmelikler; Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), Türk Standartlar Enstitüsü TS-266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; WHO ve Çevre Koruma Ajansı (EPA) gibi standartlardır.

Sulama Suyu Kalitesi Uygunluğu Açısından Yapılan Sınıflama:

SAR: Sulama suyu olarak kullanılan sularda sodyum (Na) miktarı ehemniyetli bir yer tutar. Toprağın içeriğini bozarak, geçirgenlik oranını azaltır ve sulama yapıldıktan sonra zeminin üst bölümünde artış gösteren sodyum, toprak yüzeyinde sert yapıda kabuğun oluşmasına sebep olur. Oluşan bu kabuk havanın geçişine engel olur ve bitkiler

için zararlı bir ortam oluşur. Sodyumca zengin olan toprakta bitki gelişimi engellenir ya da gelişme gerçekleşmez. Su içerisindeki sodyum miktarı % olarak aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$\%Na = \frac{100 * Na^{+}}{Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^{+} + K^{+}} \quad (3.1.)$$

3.1'deki denklem yerine daha çok aşağıdaki 3.2 denklemi kullanılmaktadır.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (3.2.)$$

Sulama suları SAR değerlerine göre şu şekilde sınıflandırılır:

	SAR (%)
Fena özellikte	26'dan fazla
Orta özellikte	18-26
İyi özellikte	10-18
Çok iyi özellikte	10'dan az

Wilcox Diyagramı: yatay eksende elektriksel iletkenlik (EC), düşey eksende % Na miktarının gösterildiği diyagramdır. % Na hesaplanarak düşey eksende yeri belirlenir ve bu noktadan yatay eksene paralel bir çizgi çizilir. EC eğeride aynı şekilde yatay eksende yeri belirlenir ve düşey eksene paralel bir doğru çizir. Bu iki doğrunun kesiştiği yere göre Wilcox diyagramında sulama suları sınıflandırılır.

ABD Tuzluluk Diyagramı: Yatay eksende EC, düşey eksende SAR değerleri bulunarak, bu değerlerden dik çizilen doğruların kesiştiği yer ABD Tuzluluk sınıflamasında sulama sularının sınıfı belirlenir. Wilcox diyagramı ile benzerlik gösteren

bu diyagramda bazı değişiklikler yapılmıştır ve 16 sınıftan oluşmuştur. Wilcox diyagramında olduğu gibi sulama suyunun sınıflandırılması yapılır. Bu diyagrama göre:

Sulama suyunun temel tuzluluk özellikleri:

C1: (EC < 250 mikromho/cm), az tuzlu sular: Bütün bitkilerin sulanması için uygun özelliktedir.

C2: (EC 250-750 mikromho/cm arası), orta tuzlu sular: Sulama suyu olarak kullanılır ve tuzluluk tehlikesi yoktur.

C3: (EC 750-2250 mikromho/cm arası), tuzlu sular: Sulama suyu olarak kullanıldığında toprakta tuz miktarı izlenmesi gerekir, drenaj sistemi iyi olmayan arazilerde kullanılmamalıdır. Bitkinin tuza dayanıklılığına göre bu sular kullanılabilir, eğer bitki tuza dayanıklı değilse yine kullanılmamalıdır.

C4: (EC > 2250 mikromho/cm), çok tuzlu sular: Bu sularda tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilmelidir. Mümkün olduğunca kullanılmamalıdır.

Sulama suyunun sodyum özellikleri:

S1: düşük sodyumlu sular: Sodyum tehlikesi olmadan bütün topraklarda kullanılabilir.

S2: orta sodyumlu sular: Toprağın tuzluluğunu azaltmak için yıkama yapılıyorsa bu sular kullanılabilir. Bu sular genellikle geçirimli arazilerde kullanılmalıdır.

S3: yüksek sodyumlu sular: Bu sularda sodyumu oluşturacağı tehlikelere karşı sürekli izlenmelidir. Ayrıca drenej sistemi ve geçirgenliği iyi olan yerlerde fazla su ile kullanılmalıdır.

S4: çok yüksek sodyumlu sular: Bu sular sulama suları için kullanılmamalıdır. Eğer suda toplam tuz az ise sulamada kullanılır.

Bütün bu özelliklere göre: C1S1, C2S1, C3S1 yapılacak bütün sulamalarda kullanılırken; C4S1, C3S2 belirli şartlarda kullanılabilir. Sulamada kullanılmaması gerekenler ise C4S2, C4S3 sınıfındaki sulardır. Ülkemizde olduğu gibi diğer ülkelerde de oldukça tuzlu suların bulunduğu yarı kurak bölgelerde bu sular kullanılmaktadır. Bu

suları kullanırken; toplam iyon 7.5 meq/L'den az, pH maksimum 9 olmasına dikkat edilmelidir. Toplam iyon miktarı 22.5 meq/L'yi geçmesi durumunda ise bu sular, sulama suyu olarak kullanılmamalıdır.

Bu çalışmada, sular, sulama amacıyla yukarıda belirtilen sınıflamalara göre sınıflandırılmış ve diyagramlar oluşturulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Harran Ovası serbest akiferini temsil eden 20 adet kuyudan alınan yeraltı suyu örnekleri incelenmiştir. Bu kuyulardan 2014- 2015 tarihleri arasında mevsimsel olarak alınan yeraltı suyu örneklerinin analizleri yerinde ve laboratuvar ortamında yapılmıştır. Ölçümü ve analizi yapılan parametreler pH, sıcaklık, EC, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+}, CI^{-}, SO_4^{-2}, NO_3^{-}, HCO_3^{-}; hesaplanan parametreler ise SAR ve %Na'dır.

4.1. Yeraltı Suyu Kalitesi Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

4.1.1. Yeraltı Su Seviyesi (YAS)

Harran Ovası'nda sulama yapılmaya başlandıktan sonra tarımsal faaliyetlerde yoğun bir artış gerçekleşmiştir. Bu faaliyetlerin gerçekleşmesi ile ovanın deniz seviyesi yüksekliğinden az olan yerlerinde, yetersiz drenaja sahip olan ağır yapılı topraklarda yüksek evapotransprasyon nedeniyle taban suyunda yükselmeler oluşmuştur (Bilgili ve ark., 2011).

Harran Ovası genelinde yeraltı su seviyeleri DSİ XV. Bölge Müdürlüğü'nden aylık olarak alınmıştır (DSİ, 2014). Harran Ovası'nda YAS akım yönü kuzeyden güneye doğrudur. Harran Ovası yeraltı su seviyeleri Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1. 2014 yılına ait yeraltı su seviyesi (DSİ, 2014)

Kuyunun bulunduğu yer	Kot	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	Ort.
Yalınlı-Tatlıca	363	39.2	39.5	39.5	40.1	39.1	38.5	38.4	38.6	39.0	41.1	42.7	39.6
Ümmülhacer	360	16.2	16.6	16.5	17.0	16.6	16.0	16.1	16.0	16.3	16.0	14.5	16.2
Harbetülhedle	379	2.3	2.7	2.5	7.7	2.5	2.7	2.8	3.0	2.8	2.6	2.9	3.1
Güneren	360	7.3	7.7	7.8	8.0	7.7	7.2	7.3	7.2	7.4	7.1	7.0	7.4

4.1.2. Sıcaklık

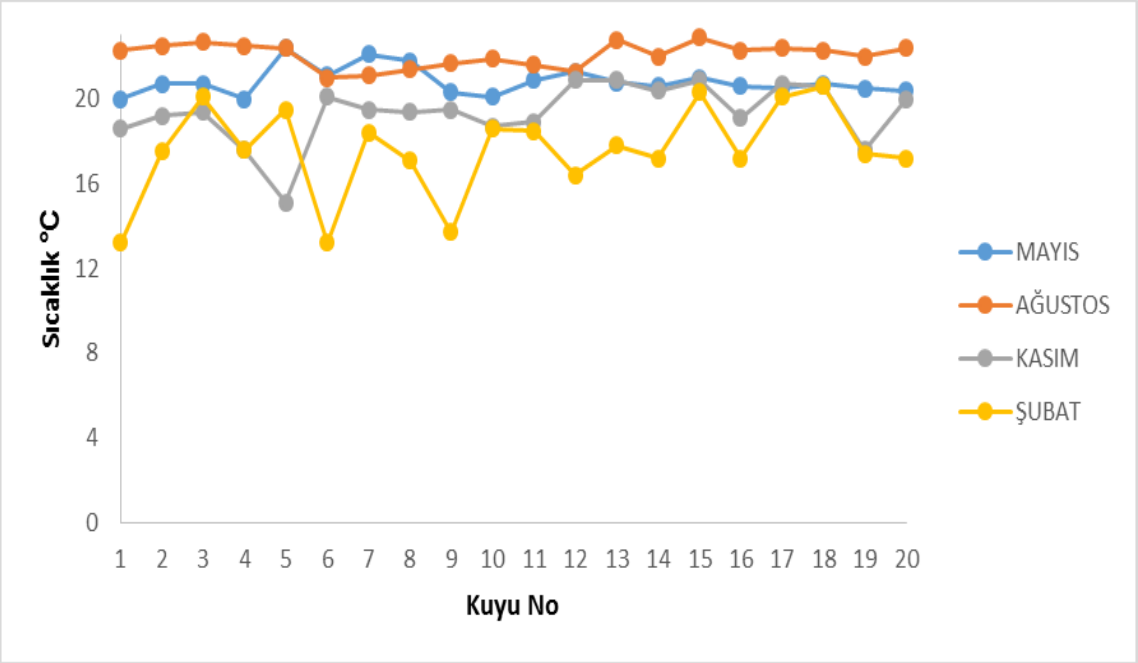
Mevsimlere göre suların sıcaklığının değişmesi ya da değişmemesi suların kökeni ve geliş yeri hakkında bilgi verir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). İçme sularında sıcaklık 7–10 ^{o}C arasında olması gerekir. Yeraltı suyu sıcaklığı Tablo 4.1'e göre sınıflandırılabilir (Şahinci, 1991).

SKKY (2004)'e göre su sıcaklığının 1. ve 2. sınıf kalitedeki sular için 25 ^{o}C, 3. sınıf kalitedeki sular için 30 ^{o}C ve 4. sınıf kalitedeki sular için 30 ^{o}C'den büyük olduğu bilinmektedir.

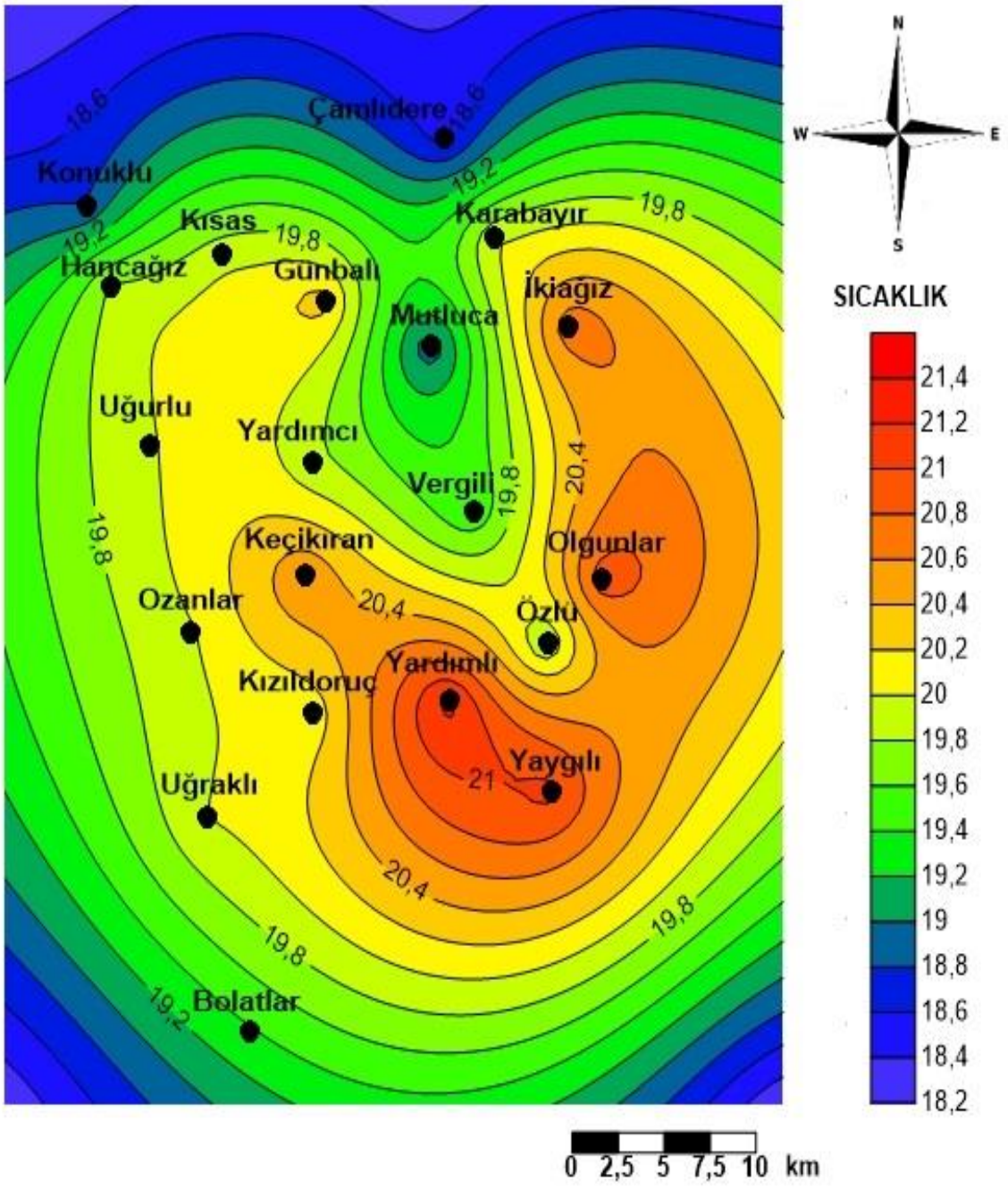
Ova genelinde ortalama sıcaklık değerleri 18.5 - 21.3 ^{o}C arasında değişmektedir. Minimum sıcaklık şubat ayında 1 numaralı örnekleme noktası olan Çamlıdere mevkinde 13.2 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Maksimum sıcaklık yaz aylarında 15 numaralı kuyunun bulunduğu Yardımlı mevkinde 22.9 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Sıcaklığın mevsimsel değişimi Şekil 4.1' de gösterilmiştir. Ölçülen değerler SKKY (2004)'e göre 1. Sınıf su kalitesindedir ve Suların sıcaklığına göre Şahinci (1991) tarafından yapılan sınıflandırmada çok soğuk sular sınıfına girmektedir. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Ova genelinde sıcaklığın mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Alansal dağılım haritasına bakıldığında en fazla sıcaklık Yardımlı ve Yaygılı mevkilerinde olduğu, en az sıcaklık ise Çamlıdere mevkinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991)

Sıcaklık ^{o}C	**Su Sınıfı**
<50 ^{o}C	Çok soğuk sular
6-100 ^{o}C	Soğuk sular
11-180 ^{o}C	Çok az ılık sular
19-250 ^{o}C	Az ılık sular
26-370 ^{o}C	Ilık sular
>400 ^{o}C	Sıcak sular



Şekil 4.1. Sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimi



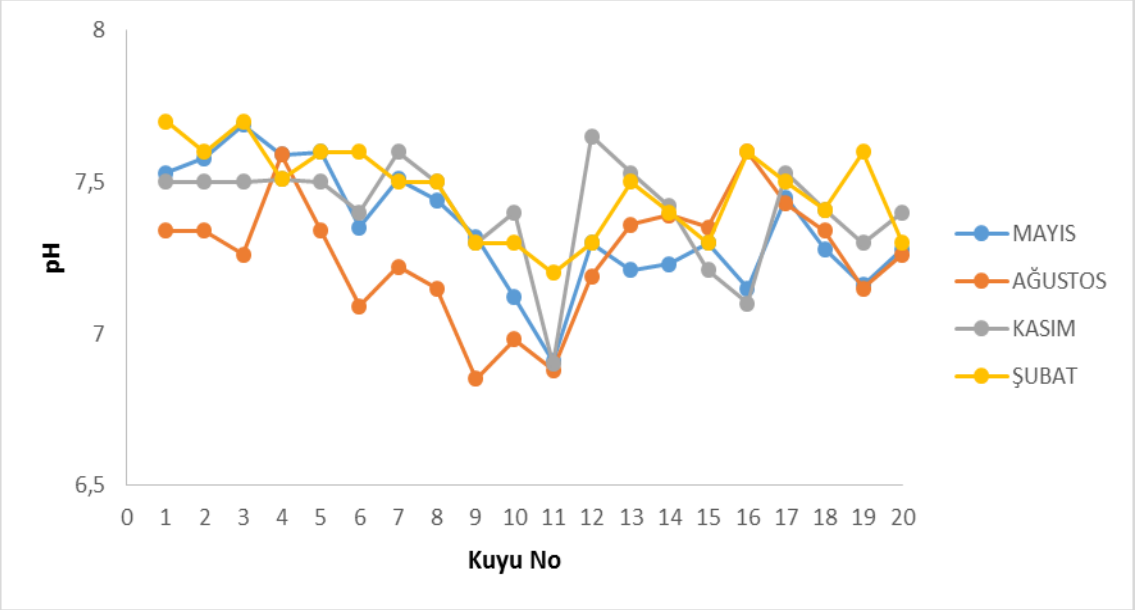
Şekil 4.2. Sıcaklık değerlerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.1.3. pH

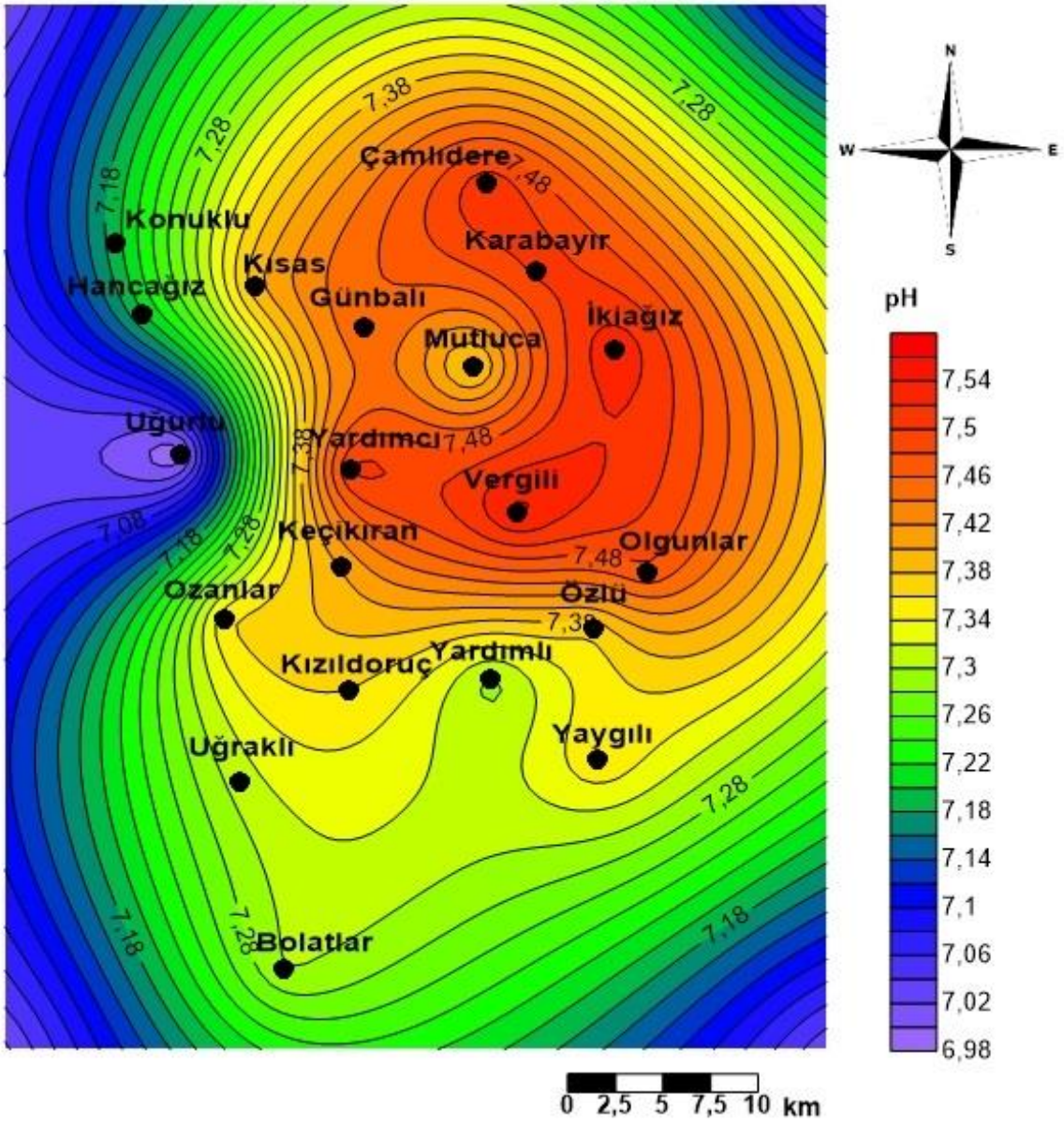
Çözeltide bulunan H^+ iyonu konsantrasyonunun bir ifade şeklidir. Çözeltinin asit ya da baz özelliğinin şiddetini pH belirler. pH değeri 4-9 olan doğal suların çoğunluğu karbonat ve bikarbonatlar nedeniyle hafifçe bazik niteliktedir (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Sawyer ve ark., 2003). Yeraltı sularında pH 6.5-8.5 değerleri arasında olması gerekmektedir. Tablo 4.3'de ulusal ve uluslararası sınıflamalara göre pH'a ait sınır değerler gösterilmiştir. Bitkilerde toksik maddenin fazlalığı ya da bitkilerde dengesiz beslenme olması sulama sularındaki pH değerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (George, 1983; USEPA, 2012). Ova genelinde ortalama pH değerleri 6.9 - 7.5 arasındadır. Ovadan alınan numuneler pH açısından SKKY'ye göre I, TS 266, Sağlık Bakanlığı, WHO ve USEPA'ya göre uygun aralıklardadır. pH'ın mevsimsel değişimi Şekil 4.3'de ve mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. pH'ın ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri

Parametre	**SKKY(2004)**				**TS 266(2005)**	**Sağlık Bakanlığı (2005)**	**WHO (2011)**	**USEPA (2012)**
	I	II	III	IV				
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.0 - 9.0	6.0-9.0 dışında	6.0<pH≤9.5	6.5- 9.5	6.5-8.5	6.5-8.4



Şekil 4.3. pH değerlerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.4. pH değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.1.4. Elektriksel İletkenlik (EC)

Bir maddenin elektrik akımını iletme yeteneğine elektriksel iletkenlik (EC) adı verilir. Birimi ohm-metre'nin tersi olup SI sisteminde metre başına siemens (S/m)'dir.

Elektriksel iletkenlik belirli bir sıcaklıkta birim uzunluk ve birim kesit alanındaki sıvının cisim veya kütlesinin iletkenliğidir. Yeraltı suyu literatüründe elektriksel iletkenlik normalde miliohm'un tersi milimho veya mikroohm'un tersi olan ve mikromho cinsinden ifade edilir. SI sisteminde 1 milimho, 1 milisiemens (mS) ve 1 mikromho da 1 mikrosiemens (µS) olarak ifade edilmektedir (Freeze ve Cherry, 1979).

Saf suyun elektriksel iletkenliği çok düşük olup 25 ^{o}C'de mikrosiemens'in onda birinden daha azdır (Hem, 1970). Yüklü iyonik türlerin çözeltide bulunması çözeltiye iletkenlik kazandırır. Doğal sularda değişik miktar ve oranlarda çeşitli iyonik ve yüksüz tür bulunduğundan iyon konsantrasyonlarının veya toplam çözünmüş maddenin sağlıklı bir şekilde bulunmasında iletkenlik tanımlamaları kullanılamaz. Ancak çok özel iletkenlik değerleri toplam çözünmüş katıyı (TDS) pratikte genel olarak verebilen faydalı bir parametredir. İletkenlik ve TDS arasında dönüşüm için aşağıdaki ilişki kullanılmaktadır (Hem, 1970).

TDS = AC

Burada C mikrosiemens veya mikromho cinsinden iletkenlik; A'da dönüşüm faktörüdür. TDS g/m^3 veya mg/L cinsinden ifade edilir. Çözeltinin iyonik bileşimine bağlı olarak çoğu yeraltı sularında A 0.55 - 0.75 arasında değişmektedir. EC ile sıcaklık arasında doğru orantı bulunur, sıcaklığın artması EC değerini arttırır. EC değerini anyon, katyon, çözünmüş katılar etkilemektedir. (USEPA, 2012).

Çalışma alanında EC değerleri değerlendirilecek olursa; en yüksek değer kasım ayında 11 numaralı kuyunun bulunduğu Uğurlu mevkinde 2510 µS/cm olarak ölçülmüştür. Bu değer Sağlık Bakanlığı ve TS 266'ya göre sınır değerleri geçerken USEPA'ya göre sınır değerin altındadır. EC'nin ulusal ve uluslararası sınır değerleri Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Tuzluluk sınıflandırmasına göre orta tehlikeli sular sınıfındadır. Sulama suyunun tuzluluk sınıflandırması Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Çalışma alanında minimum değer mayıs ayında 16 numaralı kuyunun bulunduğu Özlü mevkinde 459 µS/cm olarak ölçülmüştür. Ova genelinde EC değerleri ortalama 879 µS/cm olarak ölçülmüştür. Bu değer TS 266 sınıf 1-2 tip 1'e göre yüksek değerdedir. Fakat Sağlık Bakanlığı ve USEPA'ya göre sınır değeri aşmamaktadır. EC'nin mevsimsel değişimi Şekil 4.5'de

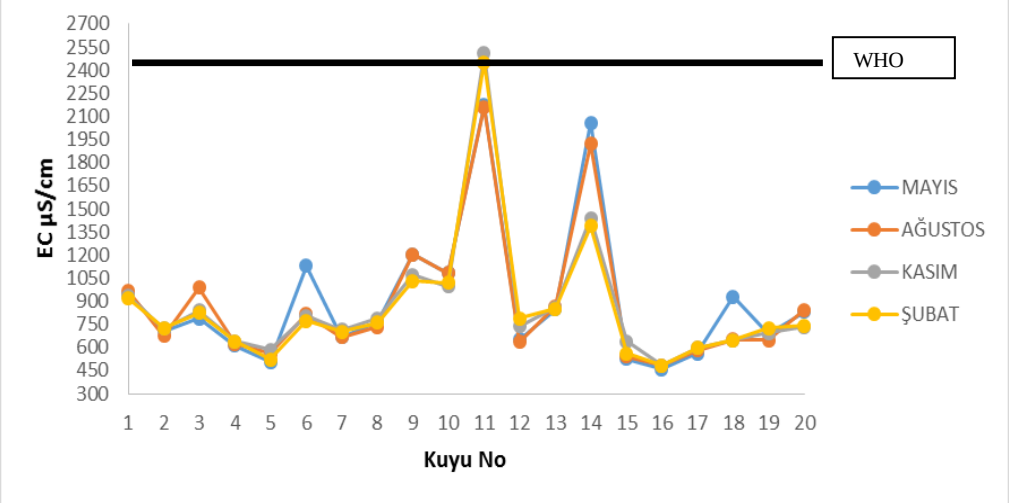
gösterilmiştir. EC 'nin alansal dağılımına baktığımızda 11 numaralı örnekleme noktası olan Uğurlu mevkinde değerin yüksek olduğu görülmektedir. EC'nin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Suların tuzluluk sınıflandırması (Çullu,2011)

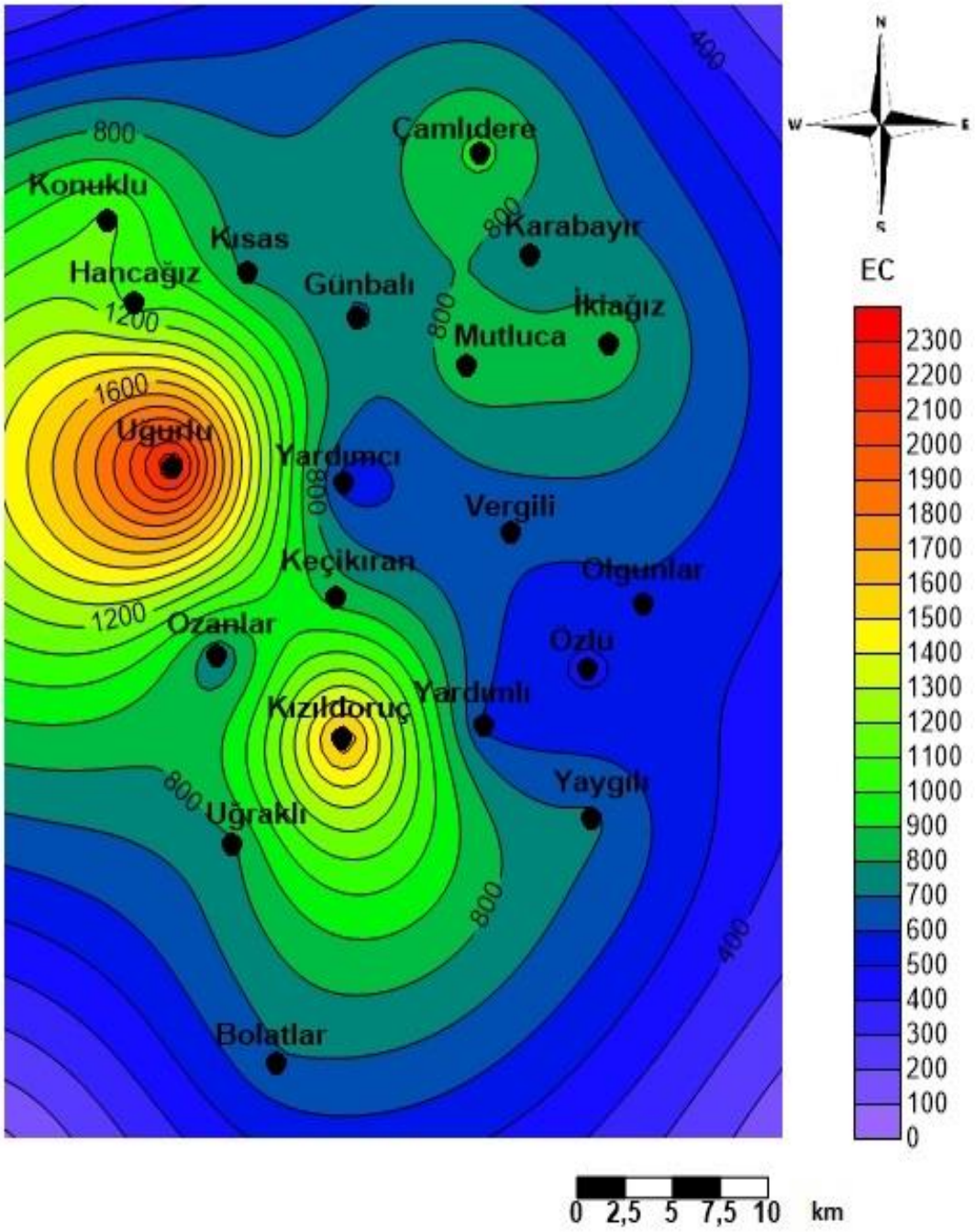
Tuzluluk Tehlikesi	**EC µs/cm**
Tehlikesiz	<750
Hafif	750-1500
Orta	1500-3000
Şiddetli	>3000

Tablo 4.5. EC'nin ulusal ve uluslararası sınır değerleri

Parametre	**TS 266(2005)**		**Sağlık Bakanlığı(2005)**	**WHO(2011)**	**USEPA(2012)**
	Sınıf 1-2Tip 1	**sınıf 2 Tip 2**			
EC µs/cm(20°C)	650	2 500	2 500		MAC 3 000



Şekil 4.5. EC değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.6. EC değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.1.5. Nitrat (NO_3)

Nitrat yeraltı sularında en yaygın ve büyük miktarda bulunan potansiyel kirleticilerden biridir (Keeney, 1986). Yeraltı sularında nitratın kaynağı başlıca dört kategoride sayılabilir:

- doğal kaynaklar
- atıklar
- gübreleme
- sulu tarım (Canter, 1997).

Nitrat çoğu zaman sularda kabul edilebilir değerde bulunur, fakat gübre kullanımı, atıksu deşarjı gibi durumlarda yeraltı suları kirlenerek, bazı değerlerin yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Kirleticinin içeriğine bağlı olarak da yeraltı suyunda yüksel nitrat değerlerine rastlanılmaktadır. Nitrat iyonlarının genellikle, bebeklerde "mavi bebek sendromu" olarak bilinen hastalığı sebep olmaktadır. Bu hastalıkta nitratlar midede nitrite indirgenir ve hemoglobinle birleştikten sonra hücrelere oksijen taşınmasını olumsuz olarak etkiler.

Azotlu gübre kullanımı bitkilerde (yeşil sebze gibi) nitrat değerlerinin fazla olmasınına neden olur ve belirli şartlarda nitrat, nitrite ve nitrosamine dönüşür ve kansorejen etki yapabilir. Kansorejen etki daha çok bağırsaklarda görülür. (Richard, 1980). Azot miktarının artmasında insan atıklarıda etkilidir. Nitrat kirliliği genellikle, hayvansal atıklar, gübreler, evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır (WHO, 1978).

Ülkemizin en önemli entegre kalkınma projelerinden biri GAP projesidir. Bu projenin de en önemli bileşeni tarım ve sulamadır. Bu bağlamda, proje sahasının en önemli toprak kaynağı Harran Ovası'dır. Dolayısıyla ovada yoğun sulama ve tarımsal faaliyetler sonucunda yeraltı suyunun özellikle nitratça kirlenmesi önemli bir çevresel problemdir.

Ulusal ve uluslararası bilimsel ve teknik kuruluşların neredeyse tümü sularda kabul edilebilir en yüksek NO_3 düzeyini 50 mg/L olarak kabul etmiştir.

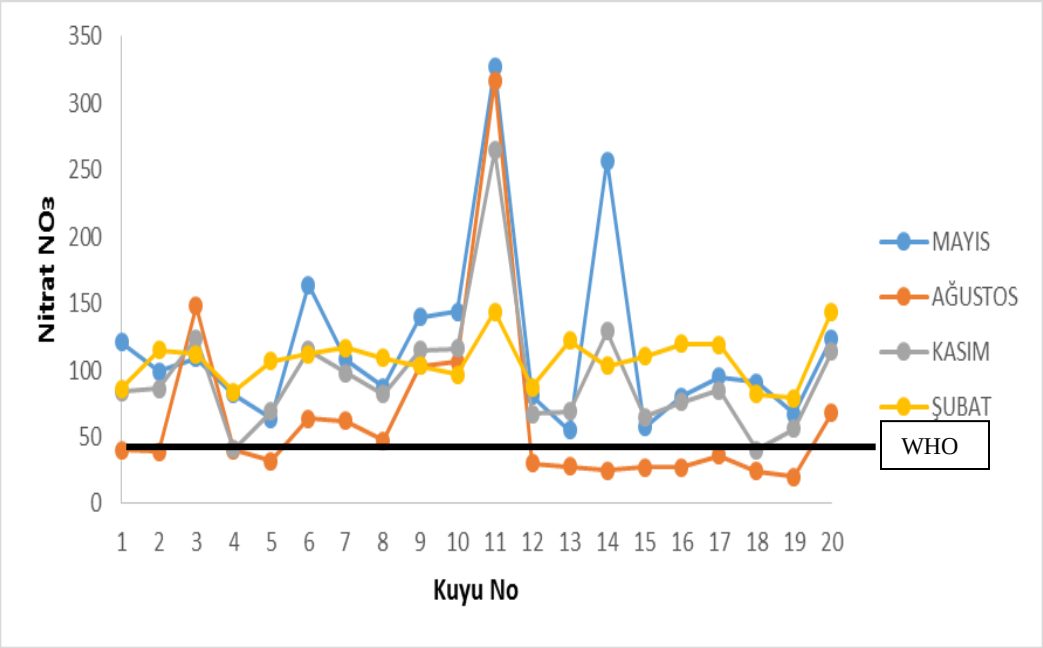
Çalışmamız sonucunda ova genelinde en az nitrat değeri, ağustos ayında Bolatlar mevkindeki 19 numaralı kuyuda 20 mg/L olarak ölçülmüştür. En fazla nitrat değeri 11 numaralı kuyunun bulunduğu Uğurlu mevkinde 327 mg/L olarak mayıs ayında ölçülmüştür. Ova genelinde ise ortalama olarak nitrat değeri 88 mg/L olarak hesaplanmıştır. NO_3 değerlerinin mevsimsel değişimi Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Ovanın alansal dağılımında da 11 numaralı örnekleme noktası olan Uğurlu mevkide nitrat değerinin yüksek olduğu görülmektedir. NO_3 değerinin mevsimsel ortalamalarına ait alansal dağılımı Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Ulusal ve uluslararası nitrat sınır değerlerini aşan sonuçlara ulaşılmıştır. Ulusal ve uluslararası NO_3 sınır değerleri Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Ortalama olarak alınan bütün numuneler sınır değerlerin üzerinde ölçülmüştür. Sulama amaçlı su kalitesi sınıflandırmasına göre alınan numunelerden Uğurlu mevki hariç diğer yerler orta sınıfa girmekte olup, Uğurlu mevki ise "yüksek" sınıfında yer almaktadır. Sulama maksatlı kullanım için su kalitesi sınıflaması Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Nitrat değerinin ulusal ve uluslararası sınır değerleri

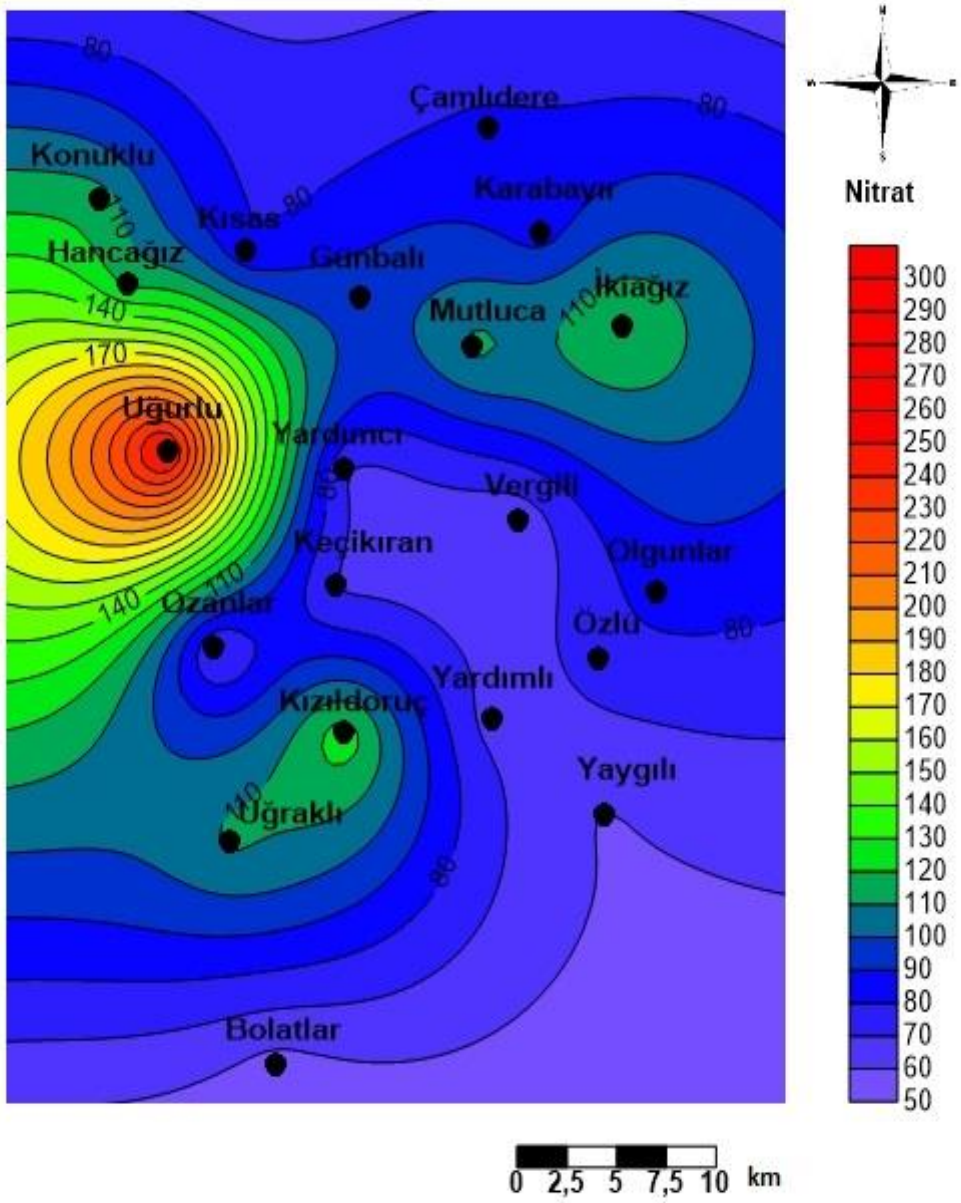
Parametre	**Sağlık Bakanlığı(2005)**	**SKKY(2004)**				**TS 266(2005)**		**WHO(2011)**
		I	II	III	IV	Sınıf 1-2Tip 1	sınıf 2 Tip 2	
NO_3 mg/L	50	22	44	89	>89	25	50	50

Tablo 4.7. Sulama maksatlı kullanım için su kalite sınıflaması

	USEPA(2012)		
Parametre	**Düşük**	**Orta**	**Yüksek**
NO_3 mg/L	<20	20-130	>130



Şekil 4.7. NO_3 değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.8. NO_3 değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

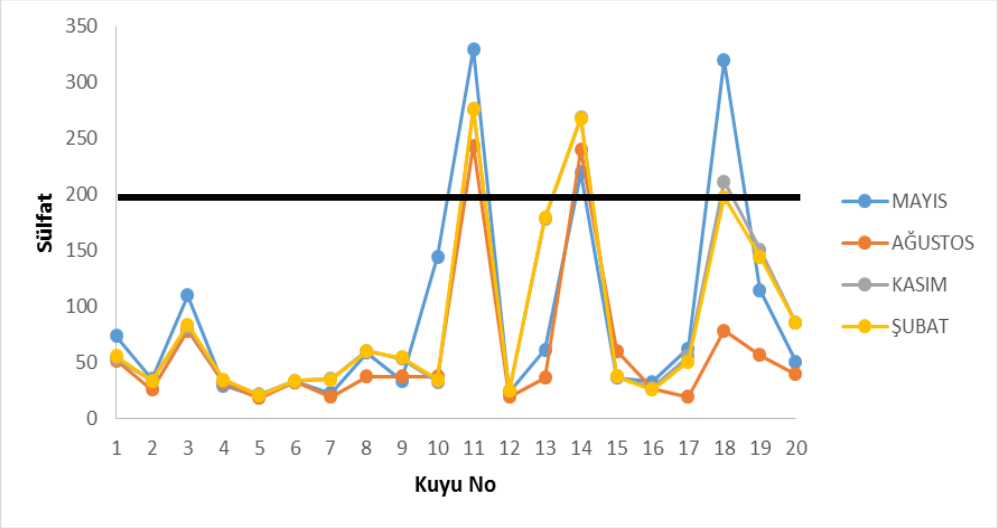
4.1.6. Sülfat (SO_4)

Jips ve anhidrit, yeraltı sularında sülfatın önemli kaynaklarını oluşturur. Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelesinde evaporitik seri içerisinde çok fazla anhidrit ve jips bulunduğundan yeraltı suları sülfat bakımından zengindir. Su içerisinde bulunan sülfatın topraktaki tuzluluğu arttırmaktan başka bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca bitki beslemesinde 250 mg/L'ye kadar olan sülfat miktarı faydası bulunurken bu değer 500 mg/L'nin üstüne çıkıtığı zaman bitkiler için zararlı olur. (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

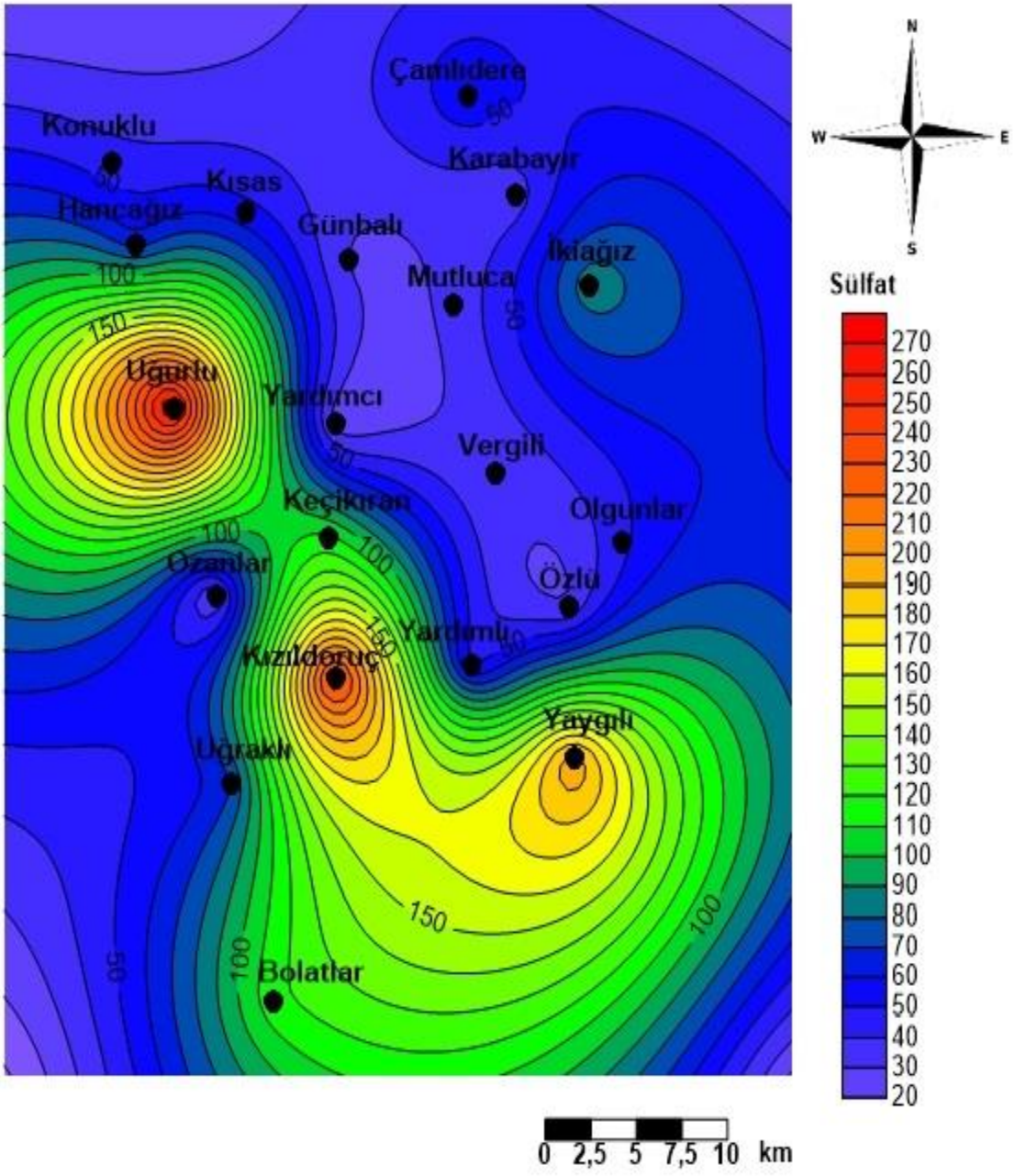
Yeraltı sularında sülfatın büyük bir kısmının jips ve anhidritten olduğu bilinmektedir. Ovanın genelinde sülfat miktarı 19-330 mg/L olarak ölçülmüştür. TS 266 sınıf 2, tip 2'ye ve uluslararası standartlara göre 11 (Uğurlu) ve 14 (Kızıldoruç) numaralı örnekleme noktasında sülfat konsantrasyonu sınır değeri aşmıştır. Ayrıca, ova genelinde maksimum sülfat değeri 11 numaralı örnekleme noktası olan Uğurlu mevkinde, mayıs ayında 330 mg/L olarak tespit edilmiş olup, minimum değer ise 5 numaralı örnekleme noktası olan Yardımcı mevkinde, ağustos ayında 19 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sülfat değerleri mevsimsel değişimi Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Sülfatın mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.10'da yer almakta olup alansal dağılımına baktığımızda Uğurlu (11) mevkinden güneydoğuya doğru gidildikçe sülfat yoğunluğunun arttığı görülmektedir.

Tablo 4.8. Sülfatın ulusal ve uluslararası sınır değerleri

Parametre	**SKKY(2004)**				**TS 266(2005)**		**Sağlık Bakanlığı (2005)**	**WHO (2011)**	**USEPA (2012)**
	I	II	III	IV	Sınıf 1-2Tip 1	sınıf 2 Tip 2			
SO_4 mg/L	200	200	400	>400	25	250	250	250	250



Şekil 4.9. SO_4 değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.10. SO_4 değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.1.7. Klorür (CI^-)

Klorür konsantrasyonu çoğunlukla yağışlı yerlede az iken kurak yerlerde fazla olarak yeraltı sularında bulunur. Klorür genellikle sedimanter ve evaporitlerde bulunur. Klorür hidrolojik değişimlerde kendini koruyan bir iyon olmasından dolayı sularda izleyici olarak kullanılır. Klorür iyonu bitkiler tarafından alındığında yaprakta birikir ve yapraklar yanar, fazla miktarda klorür iyonu bitkiler için zararlıdır (Yeşilnacar ve ark., 2007).

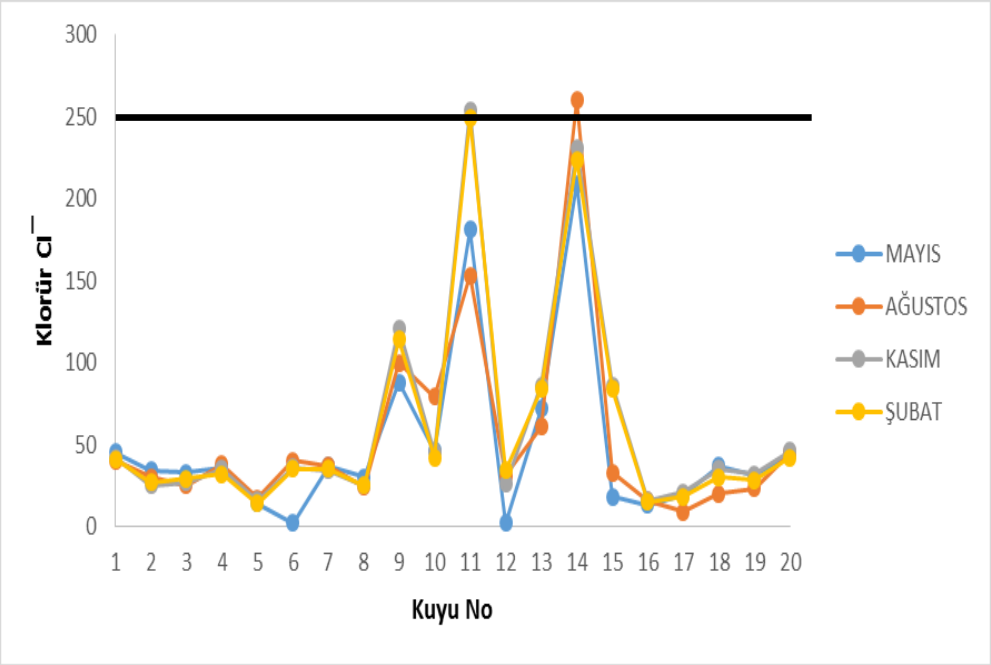
TS266'ya göre 30 mg/L olan klorür değeri WHO'ya göre 250 mg/L'dir. TS 266'ya göre ova genelinde klorür miktarı yüksek çıkmıştır. En yüksek değer ağustos ayında 14 numaralı kuyunun bulunduğu Kızıldoruç mevkisinde 260 mg/L tespit edilmiştir. CI^- ulusal ve uluslararası standart sınır değerleri Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Sulama maksatlı kullanım için su kalitesi sınıflamasında "orta" sınıfta yer almaktadır. Sulama maksatlı kullanım için su kalite sınıflaması Tablo 4.9'da; klorürün mevsimsel değişimi Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Klorürün Şekil 4.12'de mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına baktığımızda Uğurlu (11) ve Kızıldoruç (14) mevkilerinde yoğunluk olmasına rağmen bu yoğunluk SKKY III, IV, WHO, Sağlık Bakanlığına göre sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

Tablo 4.9. Sulama maksatlı kullanım için su kalite sınıflaması

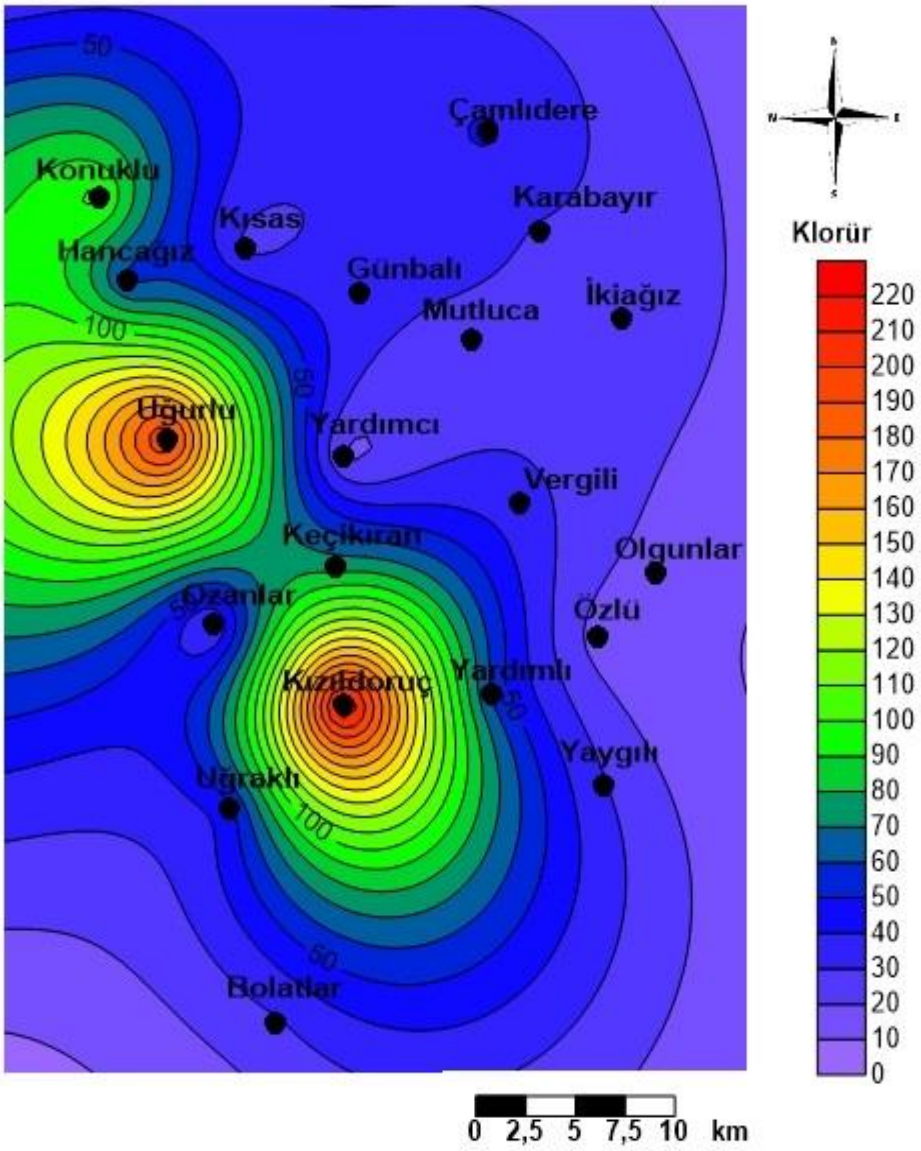
	US EPA (2012)		
	Düşük	Orta	Yüksek
CI^- mg/L	<140	140-350	>350

Tablo 4.10. Klorürün ulusal ve uluslararası standart sınır değerler

Parametre	**SKKY(2004)**				**TS 266 (2005)**		**Sağlık Bakanlığı (2005)**	**WHO(2011)**
	I	II	III	IV	**Sınıf 1-2Tip 1**	**sınıf 2 Tip 2**		
CI^- (mg/L)	25	200	400	>400	30	250	250	250



Şekil 4.11. CI^- değerinin mevsimsel değişimi

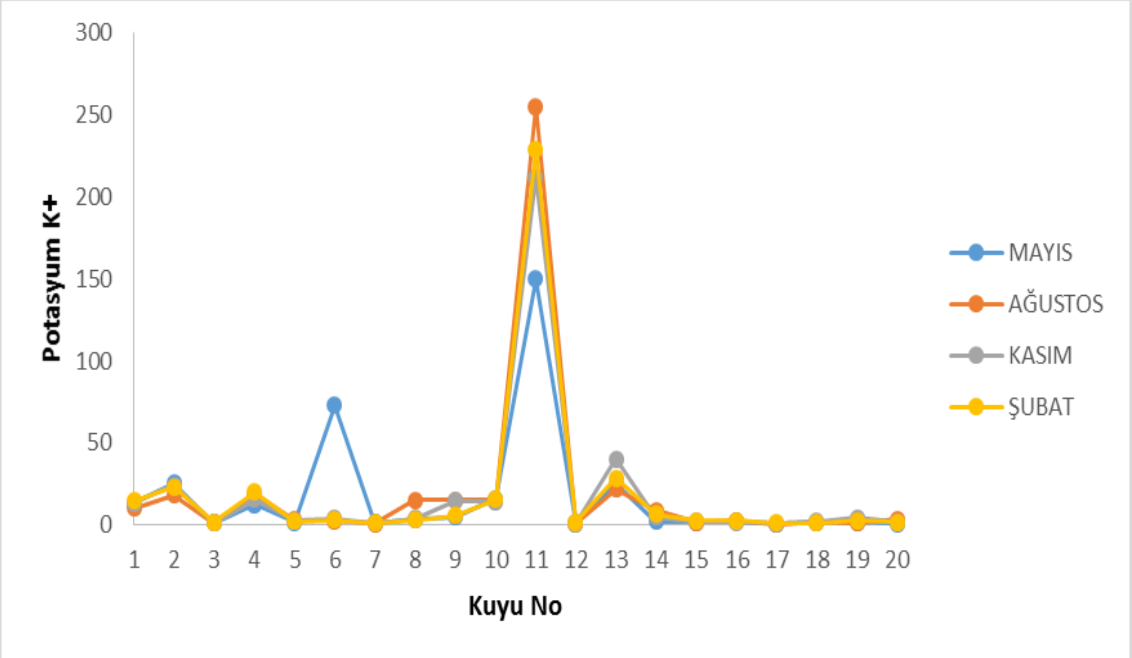


Şekil 4.12. CI^- değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

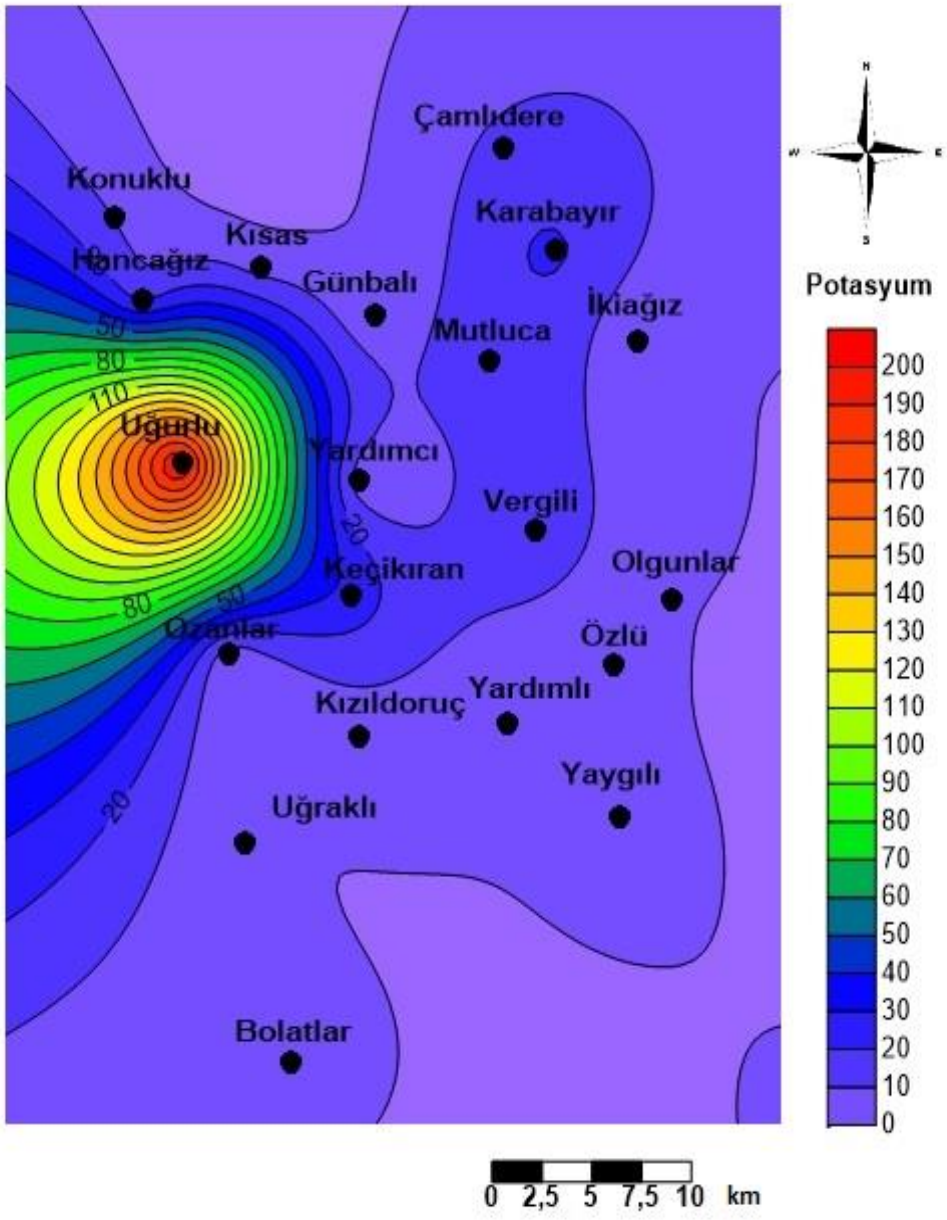
4.1.8. Potasyum (K^+)

Yerkabuğunu oluşturan elementlerden birisi de bitkilerde ve hayvanlarda da bulunan potasyum elementidir. Potasyum yerkabuğunda %2.5 oranında bulunmaktadır. Potasyum yeryüzünde fazla miktarda bulunmasına rağmen doğal sularda çok az miktarda bulunmaktadır. Potasyum, bitkiler ve hayvanlar için temel besin kaynağı olmasına rağmen 2 000 mg/L'nin üzerinde olması durumunda sindirim ve sinir sistemleri için zararlı olmaktadır (Yeşilnacar ve ark., 2007).

Potasyum değeri ova genelinde 0.4-255.1 mg/L arasında değişmektedir. Maksimum değer şubat ayında 11 numaralı örnekleme noktası olan Uğurlu mevkinde 228.7 mg/L ölçülmüştür. Minimum değer ise kasım ayında 17 numaralı örnekleme noktası olan Olgunlar mevkinde 0.5 mg/L olarak ölçülmüştür. Potasyumun mevsimsel değişimi Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Potasyum Şekil 4.14'de mevsimsel ortalamasına alansal dağılımına göre sadece Uğurlu (11) mevkinde en yüksek değer olduğu, ovanın diğer alanlarında potasyum değerinin az olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. K^+ değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.14. Potasyum değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

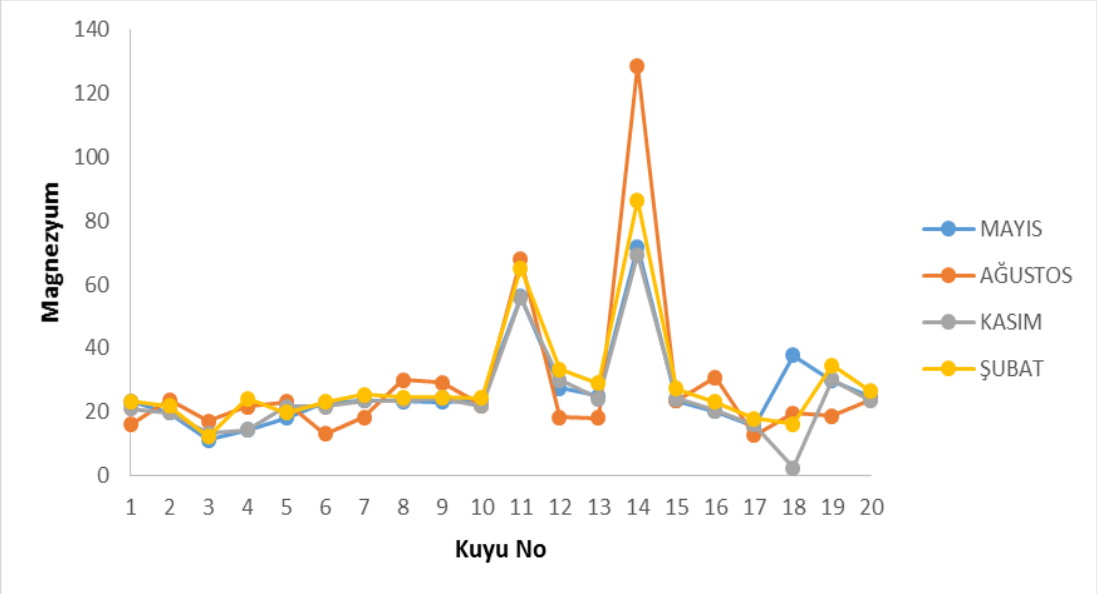
4.1.9. Magnezyum (Mg^{+2})

Suda fazla bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2} sertliğe neden olur ve su kalitesini olumsuz etkiler. Sularda Ca^{+2} ve Mg^{+2} miktarı düştüğünde ortamda bulunan Na^{+} oranı artar ve SAR değerinde artış gözlenir. Sodyum tehlikesinin azalması için Ca^{+2} ve Mg^{+2} 'un sertliğe neden olmayacak değerlerde bulunması önemlidir (Çullu, 2011; Bayındır, 2006).

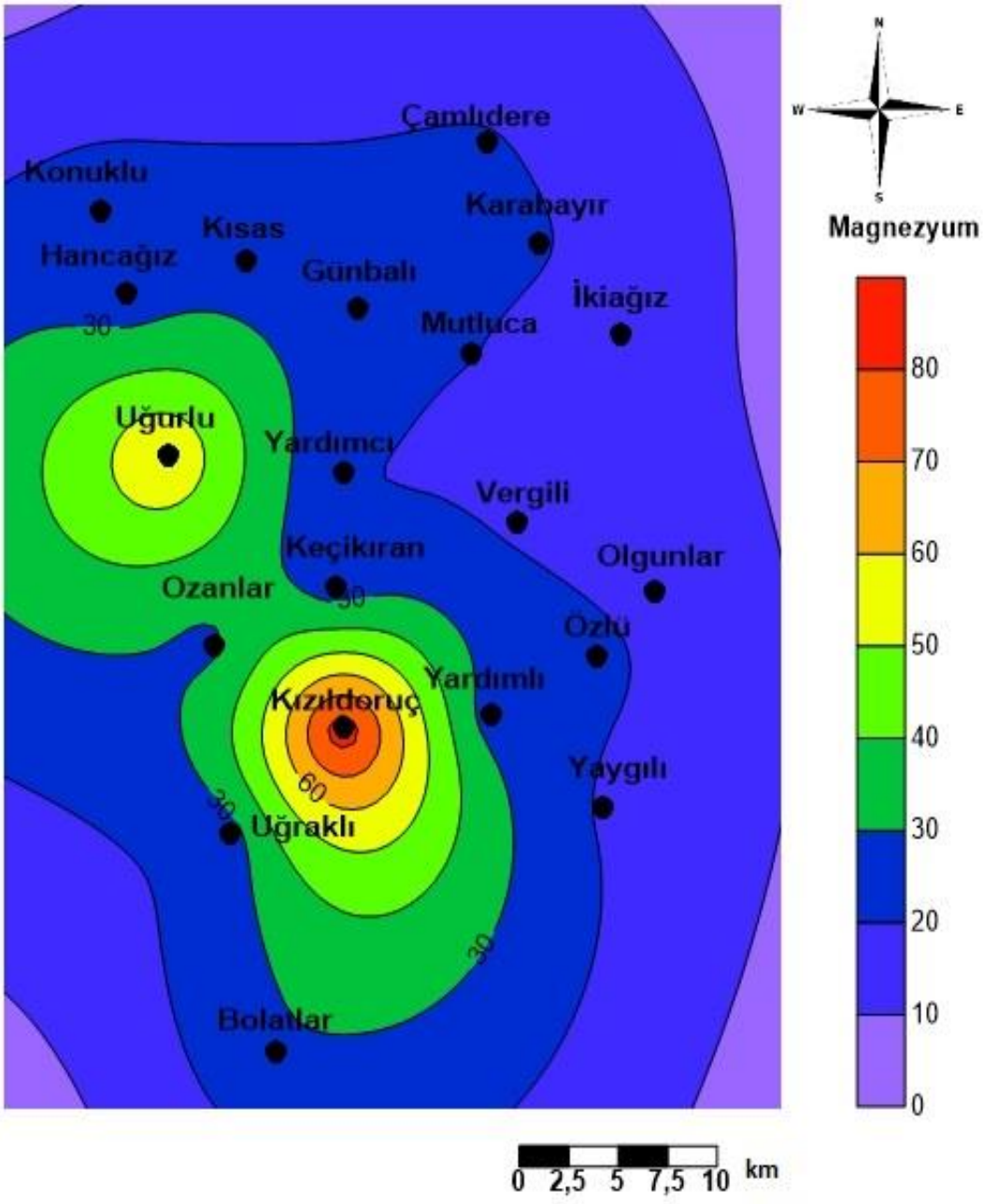
Çalışmada en yüksek değer 14 numaralı kuyunun bulunduğu Kızıldoruç mevkisinde, ağustos ayında 128.8 mg/L olarak ölçülmüştür. Magnezyum mevsimsel değişimi Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Magnezyum alansal dağılımına baktığımızda yoğunluğun olduğu yer Kızıldoruç (14) mevkisidir. Magnezyum mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılım Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.11. Magnezyumun ulusal standarttaki sınır değeri

Parametre	**TS 266(2005)**	
	Sınıf 1-2Tip 1	sınıf 2 Tip 2
Mg^{+2} mg/L	50	150



Şekil 4.15. Mg^{+2} değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.16. Mg^{+2} değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

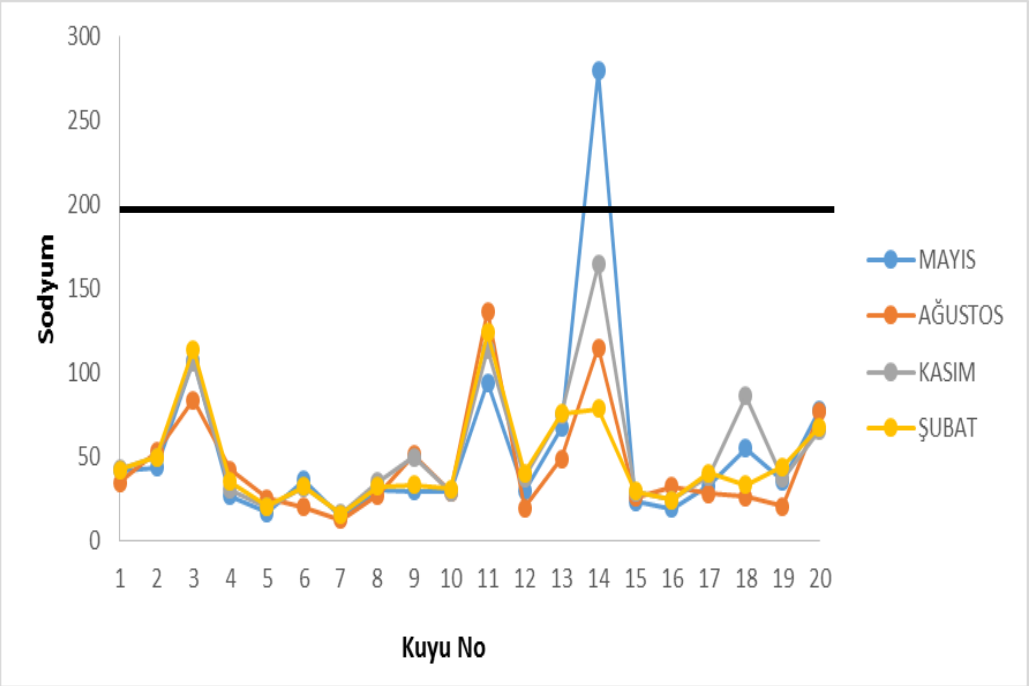
4.1.10. Sodyum (Na^+)

Sodyumun bütün bileşikleri suda çözünür. Yaygın olarak doğada bulunan sodyum, yeraltı sularında 6-130 mg/L arasında bulunur. İnsan vücudundaki hücre dışı sıvısında en fazla bulunan katyon sodyumdur. Vücudun sodyum düzeyini kontrol etmede etkin mekanizmaları bulunduğu için sodyum akut zehirlemelere neden olan bir metal değildir. Bununla birlikte kalp böbrek ve dolaşım sistemi hastalıkları olan kişilerde olumsuz etkiler yapabilir (Mcneely ve ark., 1979).

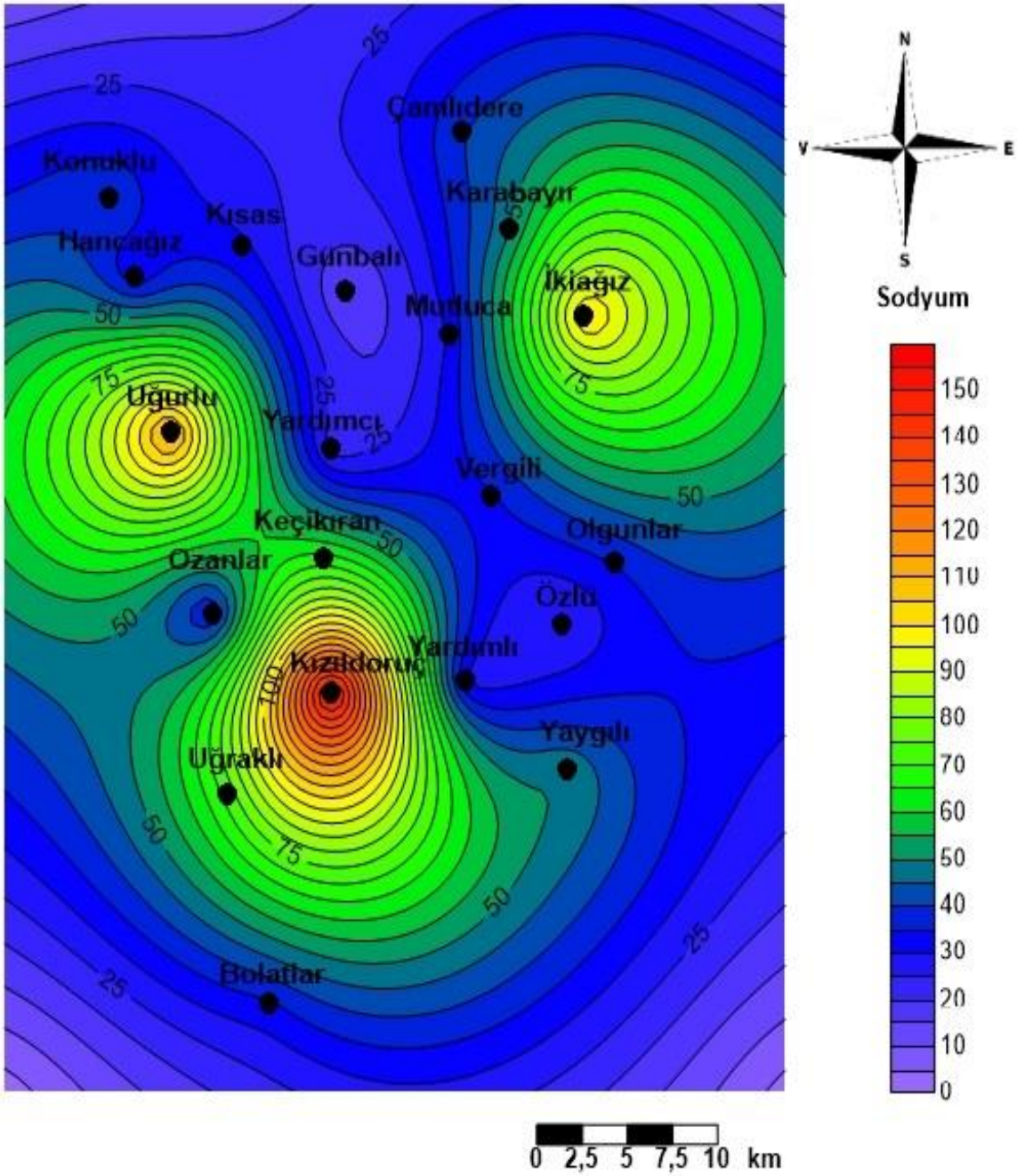
Sodyumun sınır değeri WHO'ya göre 200 mg/L'dir. Çalışma sonucunda sodyumun sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değer 14 numaralı gözlem kuyusunun bulunduğu Kızıldoruç mevkinde kasım ayında 164.8 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu değer SKKY'ye göre II. sınıf değerini aşmaktadır. USEPA'ya göre "orta" sınıfta yer almaktadır. Na^+ ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Sodyumun mevsimsel değişimi Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Sodyumun alansal dağılımına baktığımızda yine Kızıldoruç(14) mevkinde yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Sodyumun mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Na^+ ulusal ve uluslararası standarttaki sınır değerleri

Parametre	**SKKY(2004)**				**Sağlık Bakanlığı (2005)**	**WHO(2011)**	**US EPA (2012)**	
	I	II	III	IV			Orta	Şiddetli
Na^+ (mg/L)	125	125	250	>250	200	200	70-200	>200



Şekil 4.17. Na^+ değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.18. Na^+ değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

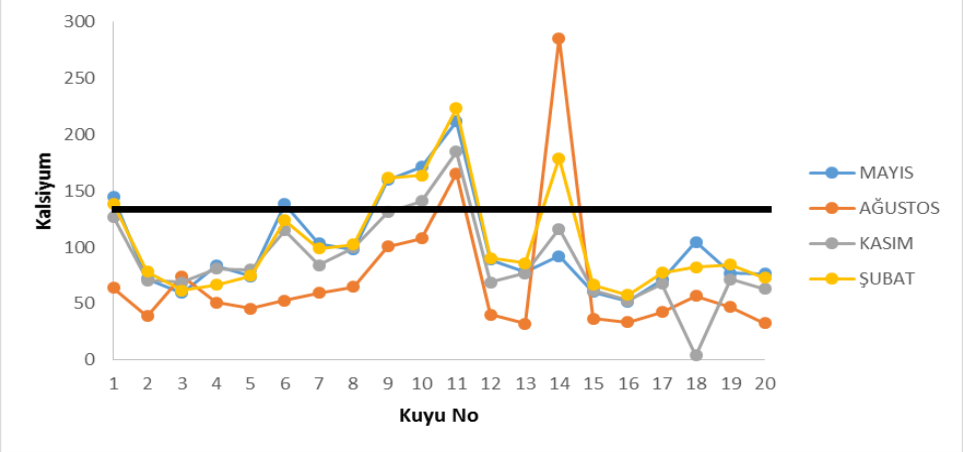
4.1.11. Kalsiyum (Ca^{+2})

Bitki türlerine göre fazla miktardaki Ca^{+2} konsantrasyonu bitkilerin gelişmesinde olumsuz etkileri görülmekte ve toksik etkisi bulunmaktadır. Kalsiyum tuzlu sularda fazla miktarda bulunur ve fazla olması suyun sertleşmesine neden olur (Yeşilnacar ve ark., 2007).

Yapılan çalışmada, Kalsiyum değeri 11 numaralı örnekleme noktası olan Uğurlu mevkinde, mayıs ayında 211.8 mg/L ve şubat ayında 223.7 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu değerler TS 266'nın belirlediği sınır değeri aşmıştır. Ca^{+2} ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerler Tablo 4.13'te gösterilmiştir. Yaz aylarında ise sadece 14 numaralı örnekleme noktasında sınır değeri aşmıştır. Ca^{+2} mevsimsel değişimi Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Kalsiyum alansal dağılımına baktığımızda Uğurlu (11) ve Kızıldoruç (14) mevkilerinde yoğun ovanın diğer bölgelerinde ise azalma söz konusudur. Kalsiyum mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

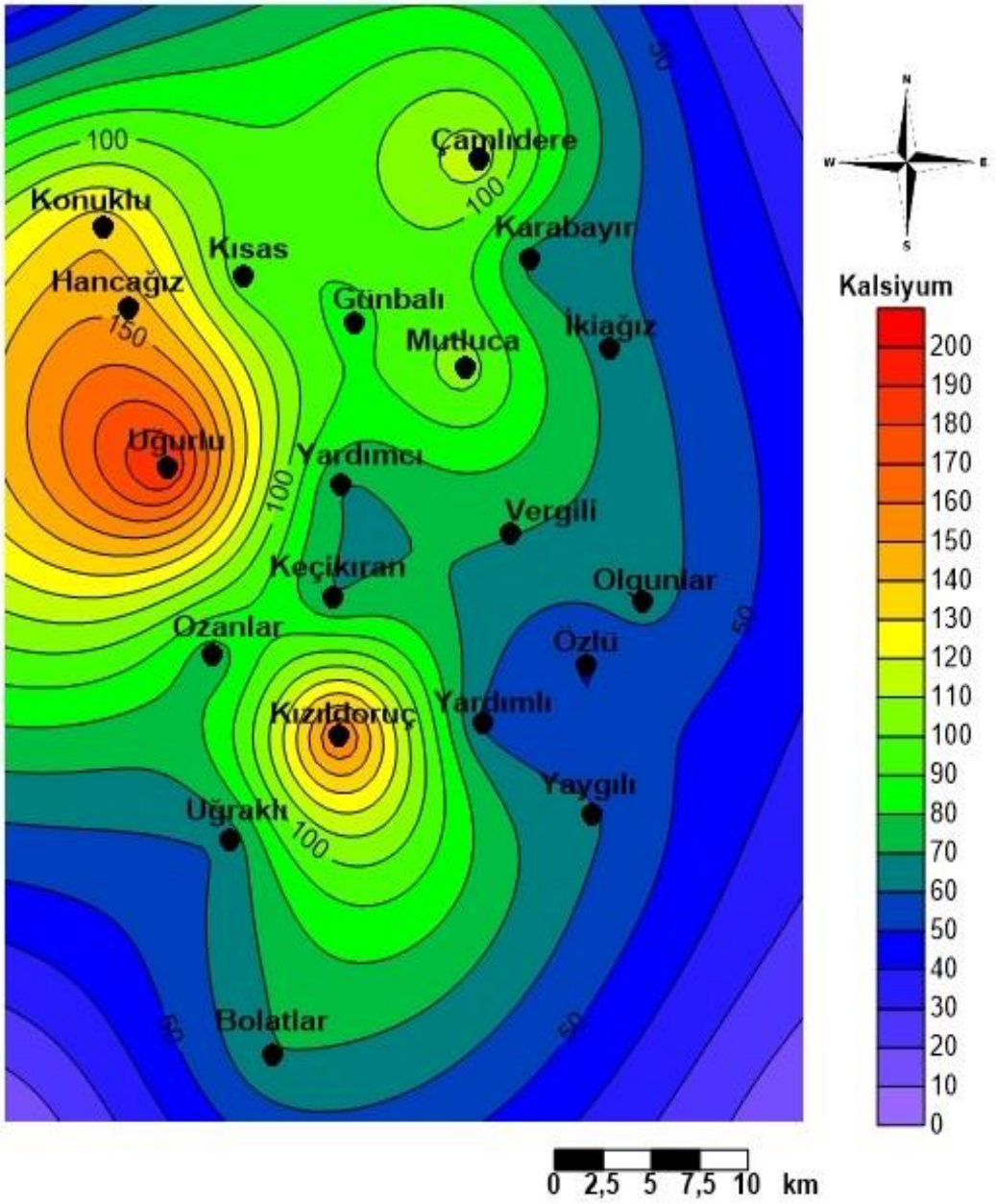
Tablo 4.13. Ca^{+2} ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri

Parametre	**TS 266(2005)**		**SKKY (2004)**	**Sağlık Bakanlığı (2005)**	**WHO (2011)**	**USEPA (2002)**
	Sınıf 1-2Tip 1	sınıf 2 Tip 2				
Ca^{+2} (mg/L)	75	200	-	-	-	-



TS 266

Şekil 4.19. Ca^{+2} değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.20. Ca^{+2} değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.1.12. Bikarbonat Alkalinitesi

Sert sular, sabunun köpürmesini engelleyen ve temizlik için çok sabun kullanımını gerektiren sular olarak tanımlanır. Bu sular sıcak halde nakledildikleri boruların iç çeperlerinde veya kazanların içinde çökelti (kazantaşı) teşkil ederek ısı transferini güçleştirir. Boru içi akımın hidrolik koşullarını kötüleştirir (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Hidrosferde suların sertliği yerel olarak değişim gösterir. Kural olarak yüzeysel sular, yeraltı sularından daha yumuşaktır. Genellikle suyun sertlik derecesi yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Sertlik dereceleri; Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri olarak günlük dilde daha sık kullanılırlar. Ülkemizde sık kullanılan bu sertlik derecelerinin mg $CaCO_3$ /L eşdeğerleri ise şöyledir: 10.0 mg $CaCO_3$ /L'ye 1 Fransız sertlik derecesi, 17.8 mg $CaCO_3$ /L'ye 1 Alman sertlik derecesi ve 14.3 mg $CaCO_3$ /L'ye ise 1 İngiliz serlik derecesidir.

-Sertlik çeşitleri: Toplam sertlik (Ca^{+2} ve Mg^{+2} sertliği): Doğal sularda en sık rastlanan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının meydana getirdiği sertlik toplam sertlik kabul edilmektedir. (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Yeşilnacar ve ark., 2007).

Toplam sertlik = Ca sertliği + Mg sertliği

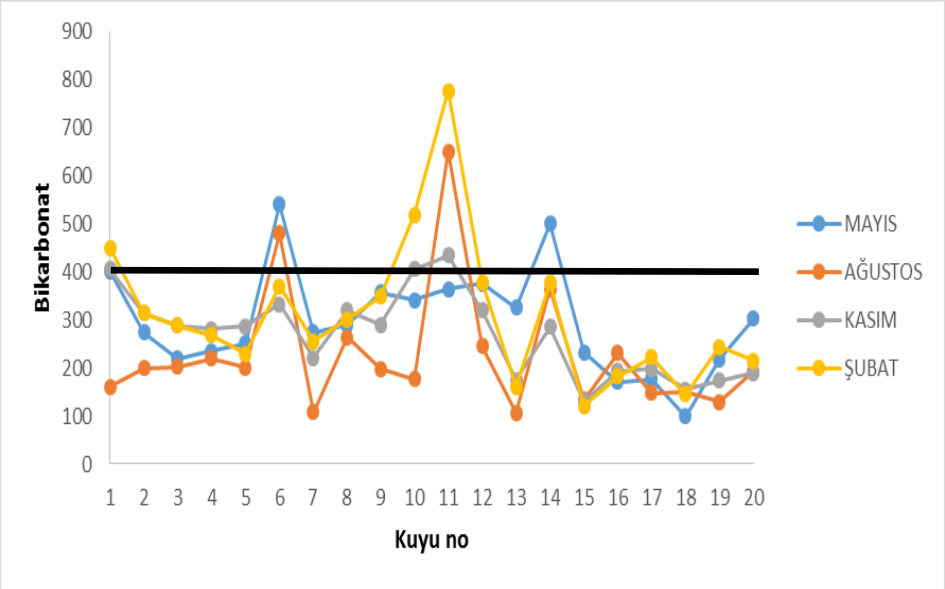
-Karbonat sertliği ve Karbonat olmayan sertlik: Karbonat sertliği, toplam sertliğin sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşı gelen kısmı olarak bilinir. Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlediğinden eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse karbonat sertliği (mg/l $CaCO_3$ /L) = alkalinite(mg/l $CaCO_3$ /L) eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veya büyükse Karbonat sertliği (mg/l $CaCO_3$ /L) = Toplam sertlik (mg/l $CaCO_3$ /L) alınır. Toplam sertlikte, karbonat sertliğinin dışında olan sertlik çeşiti ise; kalıcı sertlik olarak adlandırılır ve kalıcı sertlik kaynatma yapılarak giderilmez. (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Yeşilnacar ve ark., 2007).

-Yalancı sertlik: Tuzlu suların tıpkı sert sularda görüldüğü gibi köpürmediği bilinir. Ancak bu şimdiye kadar açıklanan sertlikten çok sabunun, iyonlaşmasını engellendiğinden dolayı görülen bir olaydır. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzlu sudaki ortak olan Na^+ katyonlarının "ortak iyon etkisi" dir. Sodyumun normalde sertlik hasıl edici bir bileşen olmamasına karşılık meydana getirdiği bu sertliğe yalancı (pseudo) sertlik denir (Şengül ve Müezzinoğlu. 1995; Sawyer ve ark., 2003; Şahinci, 1991; Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

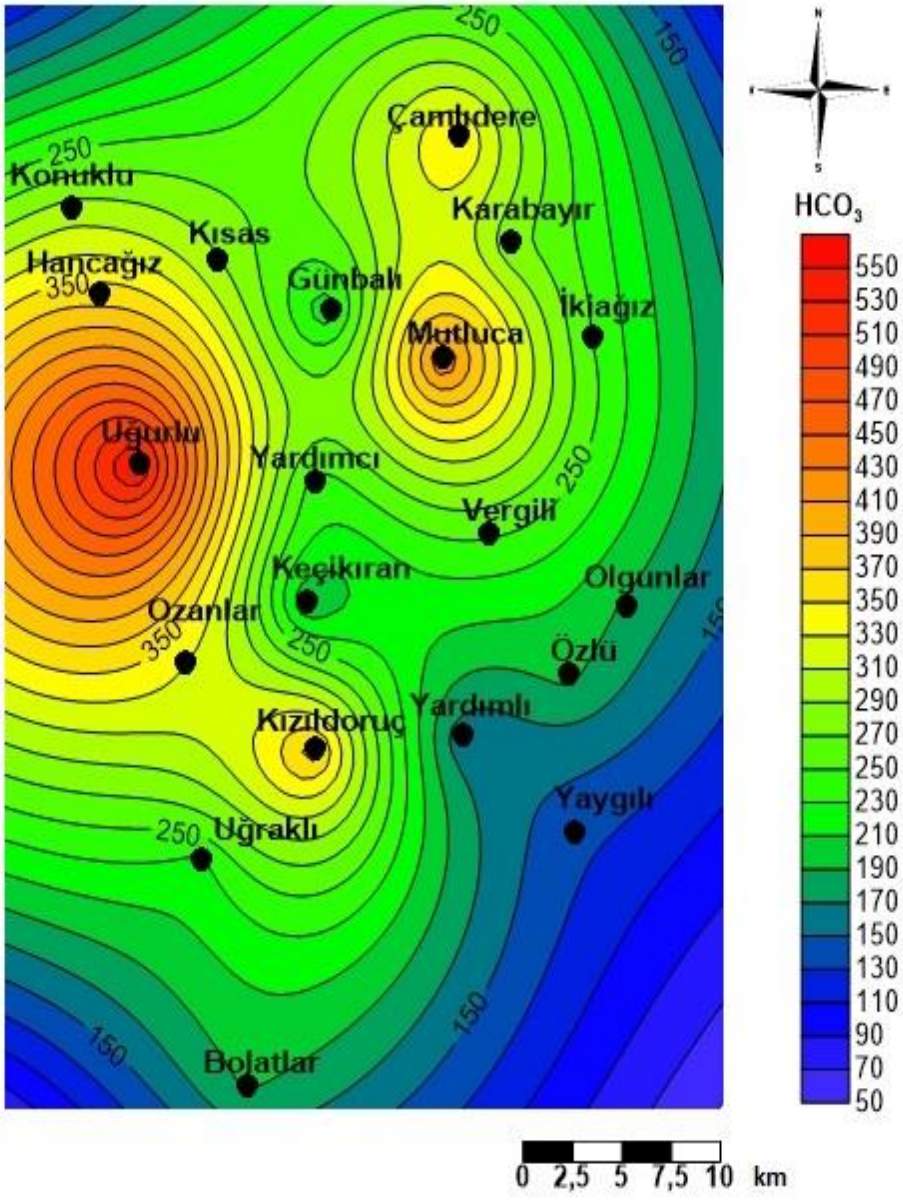
Toplam sertlik grafiği ve alansal dağılımı gösterilmiştir. En yüksek değer 11 numaralı örnekleme noktası olan Uğurlu mevkinde 777 mg/L olarak belirlenmiştir. USEPA'ya göre "Yüksek" sınıfında yeralmaktadır. Sulama maksatlı su kalitesi sınıflaması Tablo 4.14'te gösterilmiştir. HCO_3 değerinin mevsimsel değişimi Şekil 4.21'de gösterilmiştir. HCO_3 alansal dağılımında, Uğurlu (11) mevkinde bikarbonat yoğunluğu gözlenirken ovanın diğer yerlrinde azalma söz konusudur. HCO_3 mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.22'de gösterilmiştir.

Tablo 4.14.Sulama maksatlı su kalitesi sınıflaması

	USEPA (2012)		
Parametre	Düşük	Orta	Yüksek
HCO_3 Alkalinitesi (mg/L)	<90	90-500	>500



Şekil 4.21. HCO_3 alkalinitesi değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.22**.** HCO_3 alkalinitesi değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.2. Sulama Suyu Kalitesi ve Sınıflaması

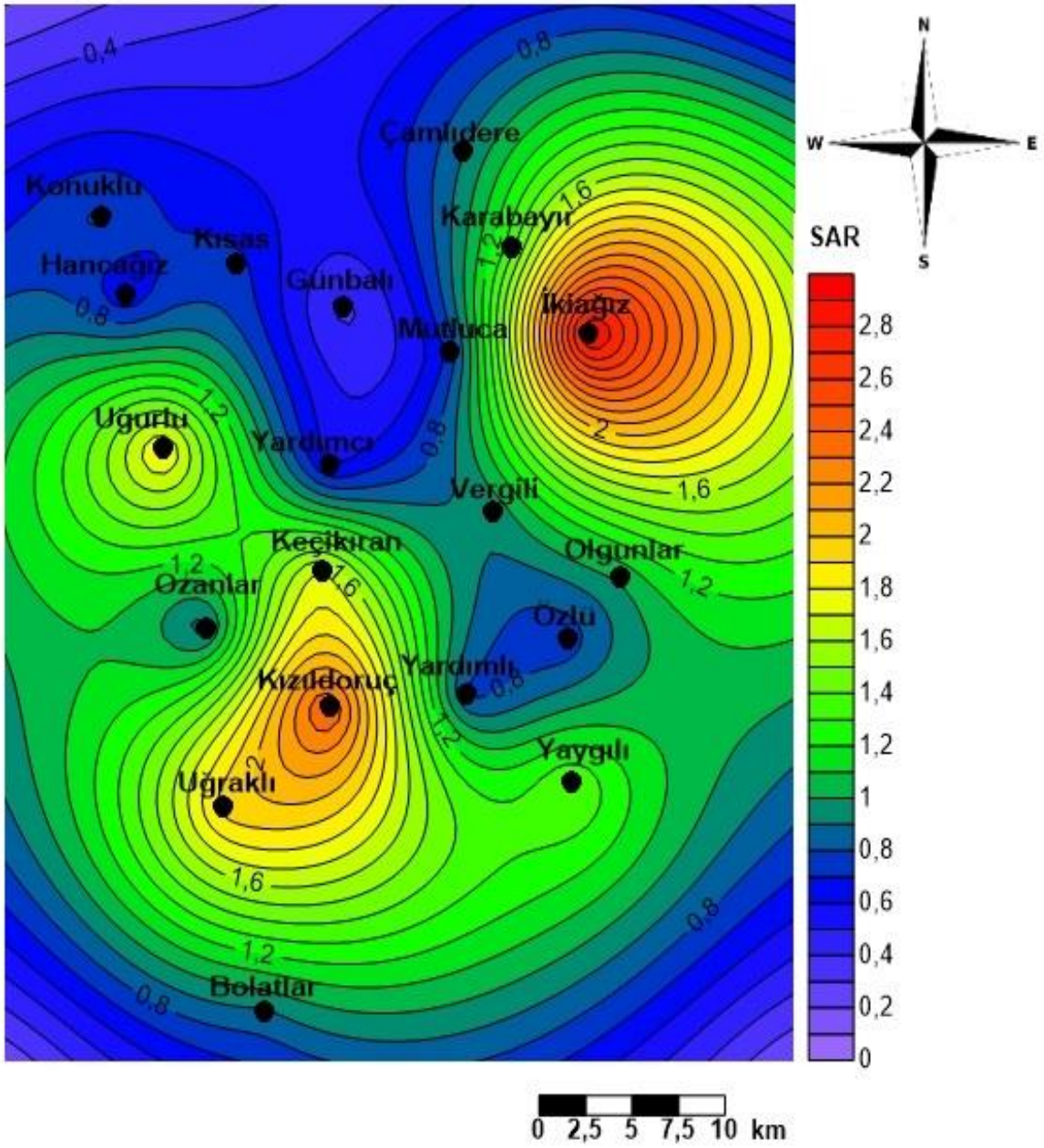
4.2.1. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

SAR değeri kalsiyum, magnezyum ve sodyum değerlerine göre hesaplanmaktadır. Birçok araştırmacı, sodyum zararını ortaya koymada %Na değerinden daha çok SAR değerini kullanmayı önermektedir. Sulama sularındaki fazla sodyum, toprak gözeneklerinin tıkanmasına neden olmaktadır. Toprakta pH seviyesini artır ve toprağın hava almasını engeller. Sodyum miktarı fazla olan sularla yapılan sulama sonucunda bitkiler az veya hiç gelişmez (Şahinci, 1991; Bayındır, 2006; Yeşilnacar, 2007; Demir-Yetiş, 2013).

Ova genelinde SAR değerleri yüksek değildir. Mevsimsel ortalama SAR değeri 3 numaralı örnekleme noktası olan İkiağız mevkinde maksimum 3.01 olarak hesaplanmıştır. SAR'a göre yapılan sulama suyu sınıflandırmasında "Çok iyi" sınıfına girdiği Tablo 4.15'te görülmektedir. SAR değerlerinin Şekil 4.23'te mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına baktığımızda İkiağız (3) mevkinde yoğunluğun en fazla olduğu görülmektedir. Diğer mevkilerde SAR değerinin daha da azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.15. SAR' a göre sulama suyu sınıflandırılması

SAR	Sulama suyu sınıfı
<10	Çok iyi
10-18	İyi
18-26	Orta
>26	Kötü



Şekil 4.23. SAR değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.2.2. Sodyum İyon Yüzdesi (% Na)

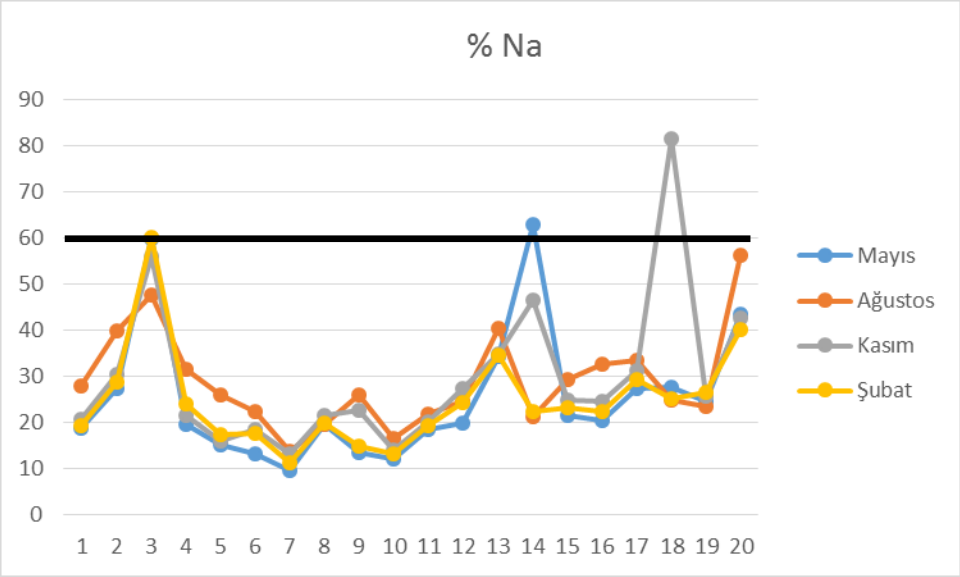
Sodyum iyon yüzdesinin bitkilere ve toprağa zarar vermemesi için bu değerin 50-60 değerinden daha az olması gerekir (Ayyıldız, 1983).

%Na; sodyum, magnezyum, kalsiyum, potasyum miktarına göre hesaplanmaktadır. Bu iyonların değişimi % Na değerini doğrudan etkilemektedir. % Na değeri sulama için kullanılacak sular için önemli bir yer teşkil eder.

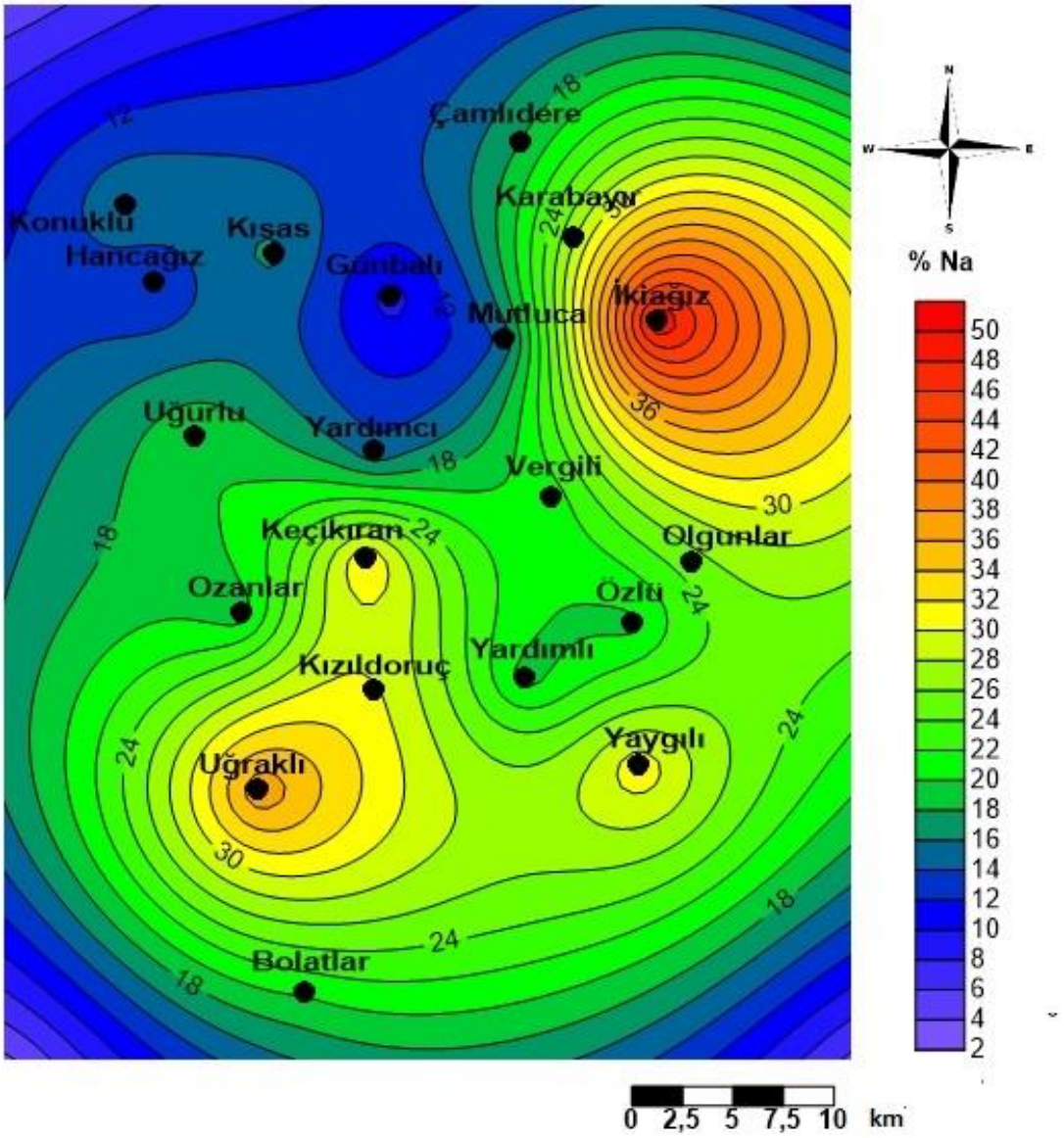
Yapılan hesaplama sonucu en yüksek % Na değeri mayıs ayında 14 numaralı gözlem noktası olan Kızıldoruç mevkinde 63 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Tablo 4.16'da yer alan "Suların % Na sınıflandırılması"na göre "Şüpheli" su sınıfında yer almaktadır. % Na değerinin mevsimsel değişimi Şekil 4.24'de gösterilmiştir. % Na değerinin Şekil 4.25'te mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına baktığımızda İkiağız (3) mevkinin güneyine doğru değerlerin azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.16. Suların % Na sınıflandırılması

% Na	**Su Sınıfı**
<20	Çok iyi
20-40	İyi
40-60	Kullanılabilir
60-80	Şüpheli
>80	Kullanılamaz



Şekil 4.24. % Na değerinin mevsimsel değişimi



Şekil 4.25. % Na değerinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.2.3.Wilcox Diyagramı

Sulama suyu kalitesinin sınıflandırılması için, %Na ve EC değerlerinin kullanıldığı diyagramdır.

Wilcox'a göre 11 numaralı Uğurlu mevkinden alınan örnek, "şüpheli kullanılamaz" sınıfına girmektedir. 9 numaralı Konuklu, 10 numaralı Hancağız ve 14 numaralı Kızıldoruç mevkinden alınan örnekler "iyi kullanılabilir" sınıfına girmektedir. Diğer gözlem noktaları ise "çok iyi-iyi" sınıfına girmektedir. Wilcox sulama suyu diyagramına göre tüm gözlem noktalarının özeti Tablo 4.17'de, mevsimsel ortalamasına ait Wilcox diyagramı Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Wilcox'a göre sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına baktığımızda net bir şekide, Uğurlu (11) mevkisinde "şüpheli kullanılamaz" su sınıfına girerken, doğu kısımlarında "çok iyi-iyi "sınıfına giren suların olduğu görülmektedir. Wilcox'a göre sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

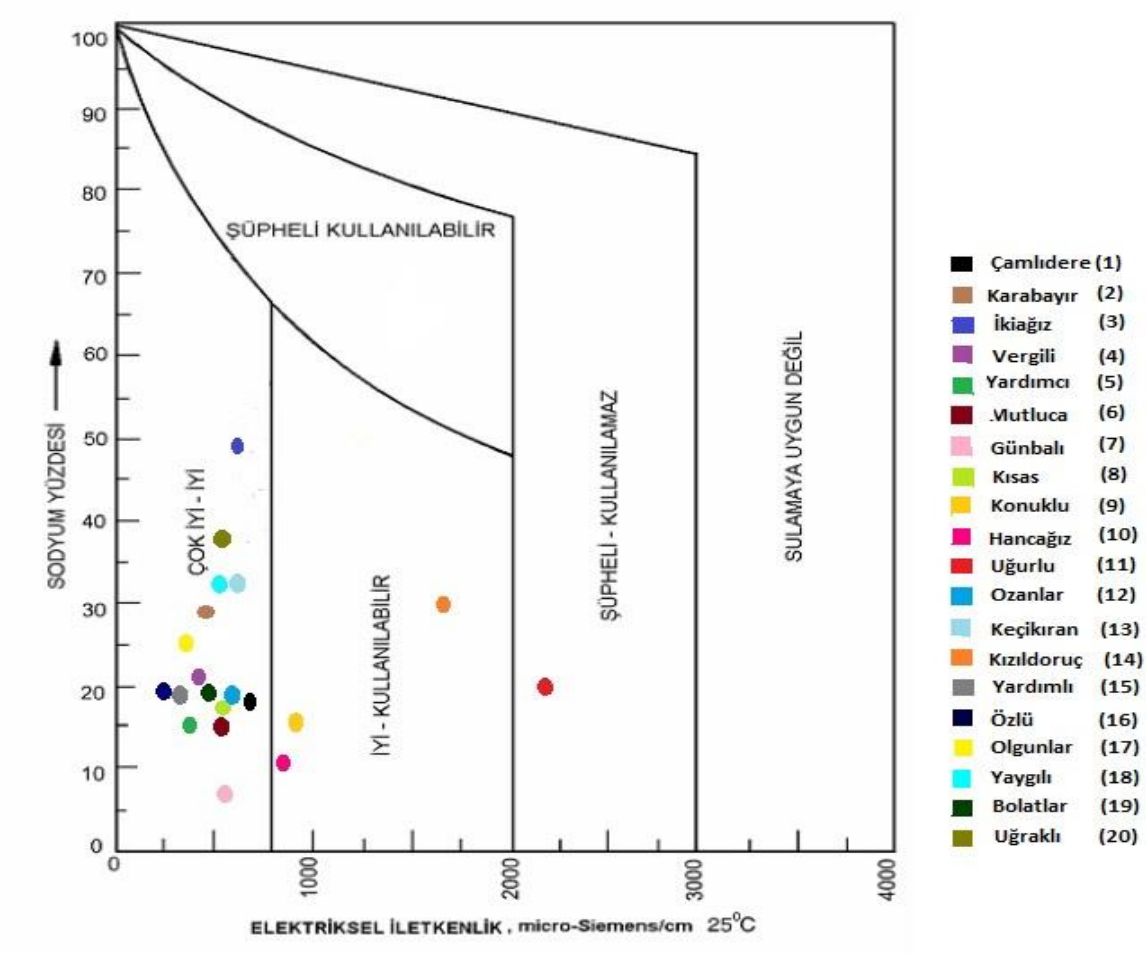
Çamlıdere (1) EK1'de, Karabayır (2) EK2'de, İkiağız (3) EK3'de, Vergili (4) EK4'de, Yardımcı (5) EK5'de, Mutluca (6) EK6'de, Günbalı (7) EK7'de, Kısas (8) EK8'de, Konuklu (9) EK9'da, Hancağız (10) EK10'da, Uğurlu (11) EK11'de, Ozanlar (12) EK12'de, Keçikıran (13) EK13'de, Kızıldoruç (14) EK14'de, Yardımlı (15) EK15'de, Özlü (16) EK16'da, Olgunlar (17) EK17'de, Yaygılı (18) EK18'de, Bolatlar (19) EK19'da ve Uğraklı (20) EK20'de wilcox diyagramları gösterilmiştir.

Tablo 4.17. Wilcox sulama suyu diyagramına göre gözlem noktalarının özeti

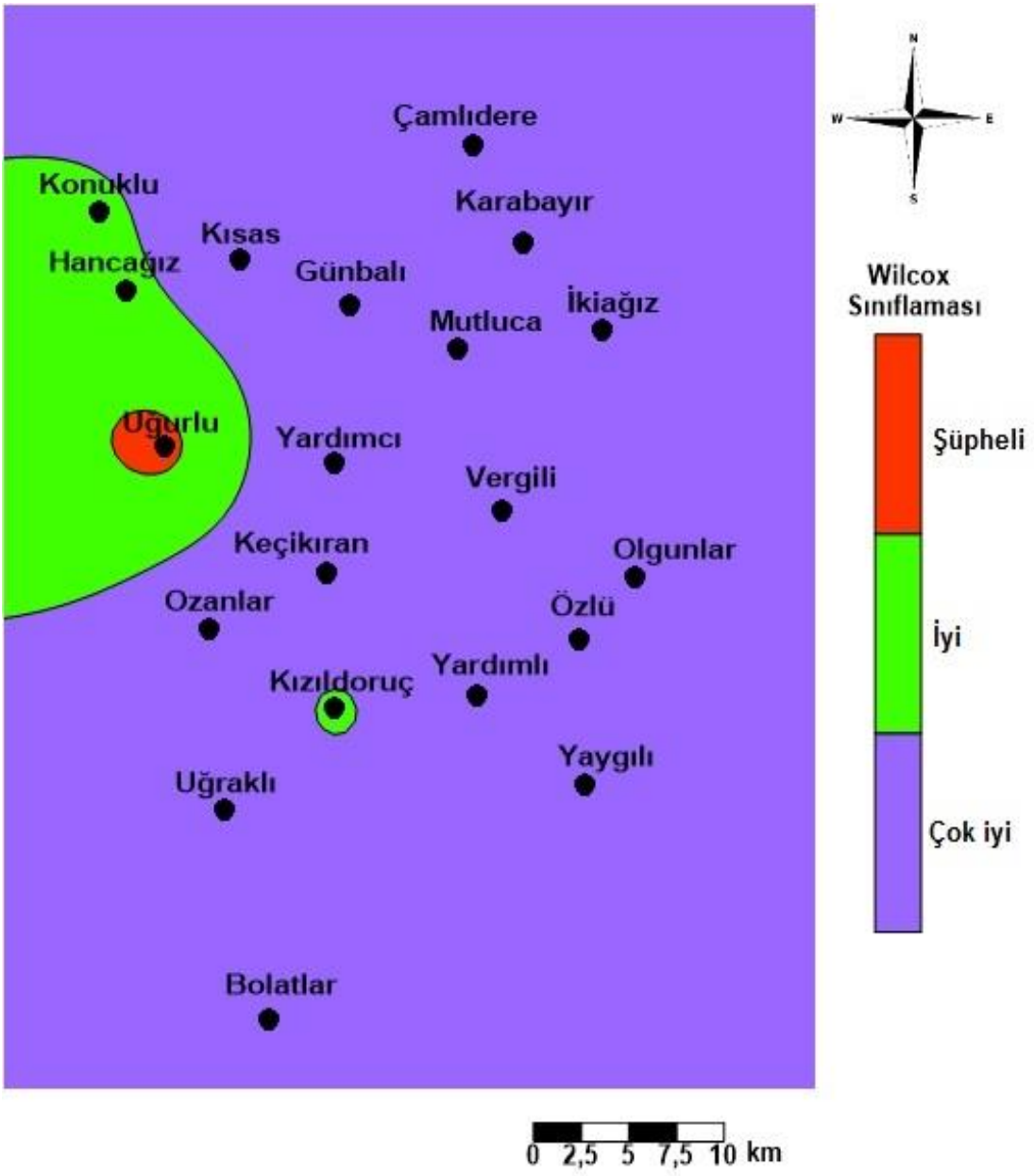
Sınıf	Örnekleme Noktaları	Toplam	%
ÇOK İYİ-İYİ	Çamlıdere(1),Karabayır (2) İkiağız(3),Vergili(4),Yardımcı(5), Mutluca(6),Günbalı(7), Kısas (8) Ozanlar (12), Keçikıran (13), Yardımlı (15), Özlü (16), Olgunlar (17), Yaygılı (18), Bolatlar (19), Uğraklı (20)	16	80

Tablo 4.17. (Devam)

İYİ KULLANILABİLİR	Konuklu (9), Hancağız (10), Kızıldoruç (14)	3	15
ŞÜPHELİ KULLANILAMAZ	Uğurlu (11)	1	5



Şekil 4.26. Örnekleme noktalarının mevsimsel ortalamasına ait Wilcox diyagramı



Şekil 4.27. Wilcox'a göre sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

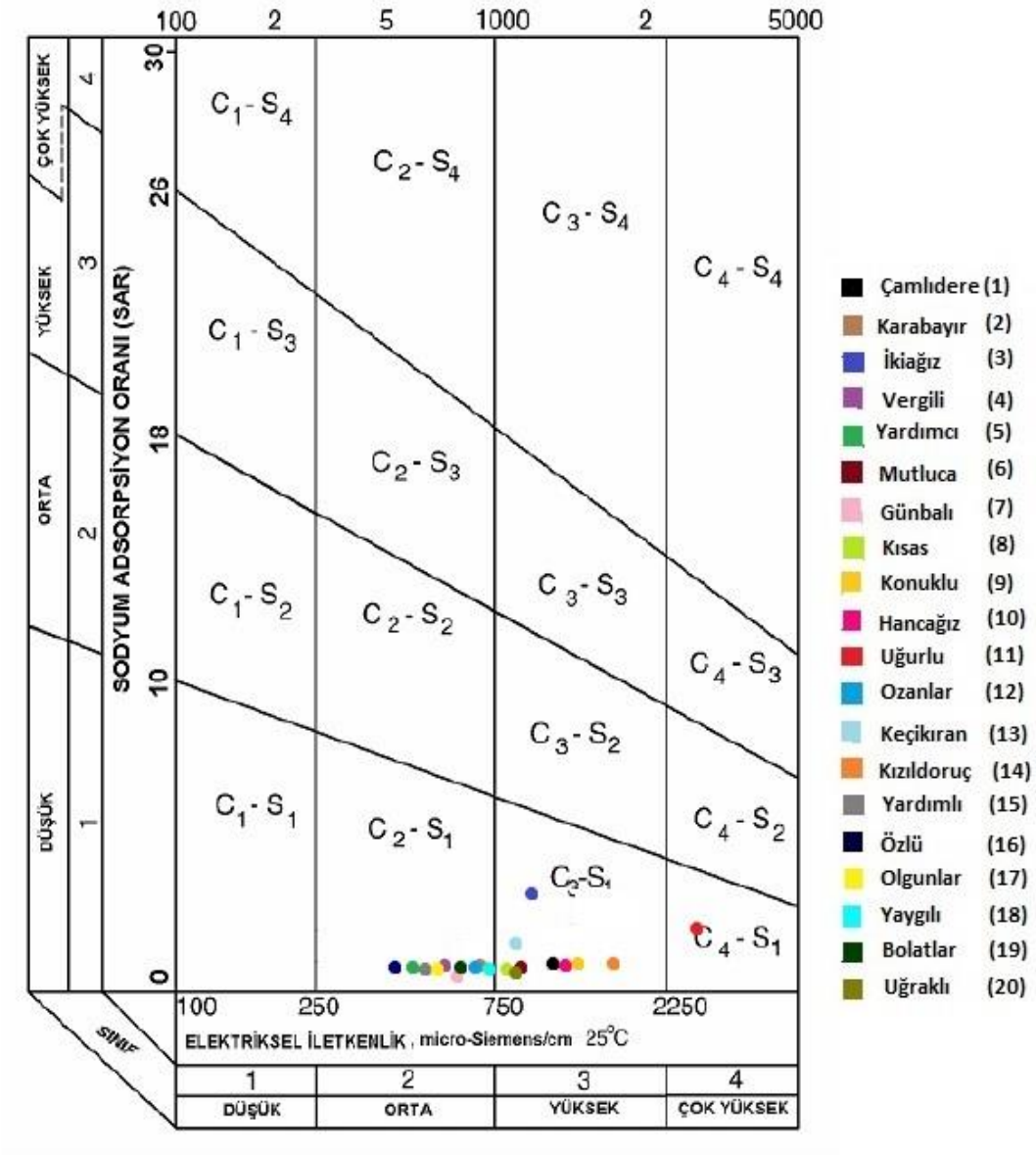
4.2.4. ABD Tuzluluk Diyagramı

Wilcox diyagramına benzeyen bu diyagramda; yatay eksende EC, düşey eksende SAR değeri bulunur. Suların sınıflandırılması Wilcox diyagramında yapıldığı gibidir.

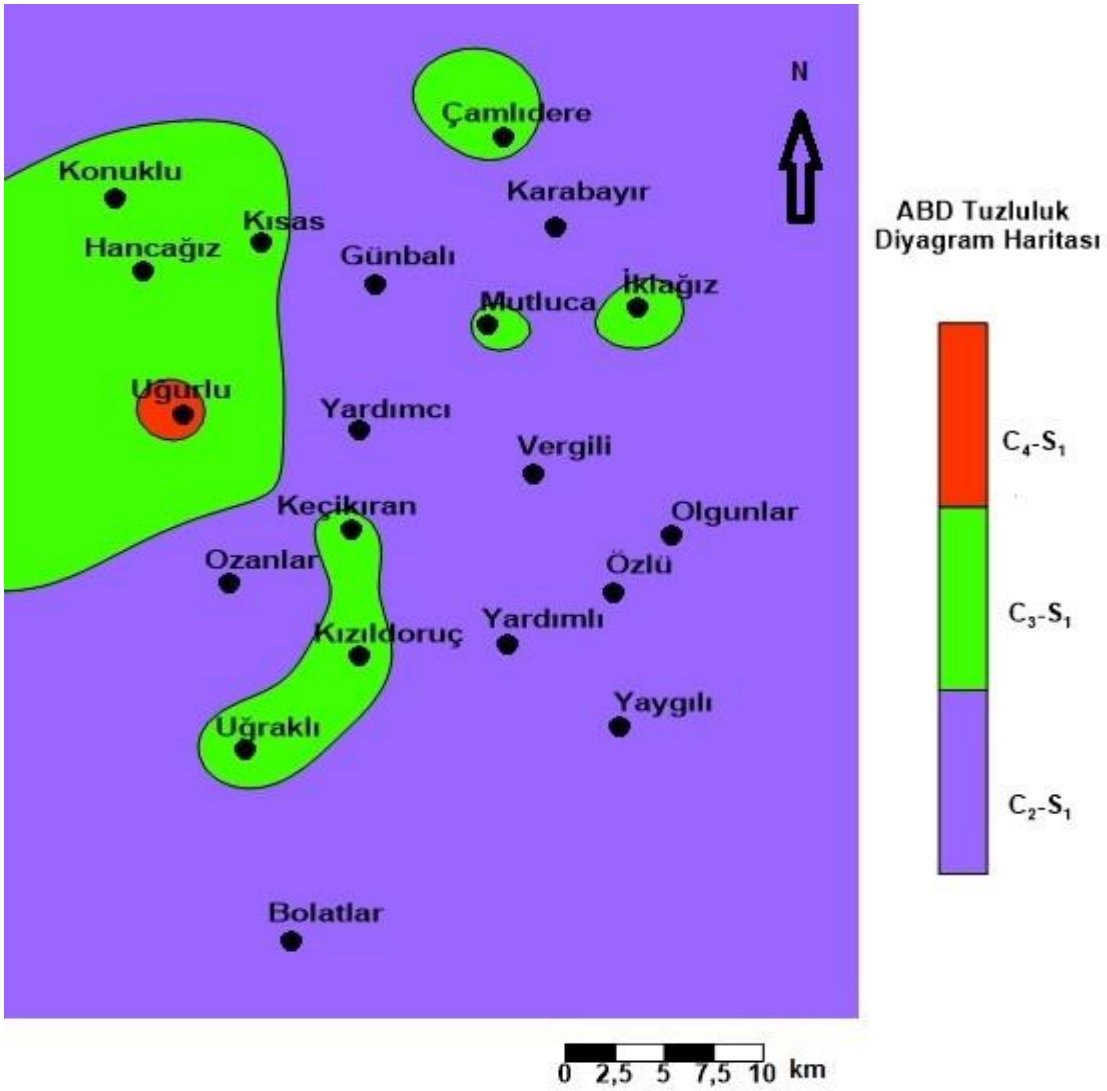
ABD tuzluluk diyagramına göre ova genelinde su kalitesi C_2–S_1 düşük EC sınıfında %50, C_3-S_1 yüksek EC sınıfında %45 ve Uğurlu mevkinde C_4-S_1 çok yüksek EC sınıfında %5 olarak belirlenmiştir. Bu diyagramın özeti Tablo 4.18'de, örnekleme noktalarının mevsimsel ortalamasına ait ABD tuzluluk diyagramı Şekil 4.28'de gösterilmiştir. ABD tuzluluk diyagramına göre Şekil 4.29'da ova genelindeki sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımına baktığımızda SAR değerlerinin düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 4.18. ABD tuzluluk diyagramına göre tüm örnekleme noktalarının özeti

Sınıf		**Örnekleme Noktaları**			**Adet**	**%**
C4-S1	SAR Düşük EC Çok yüksek	11 Uğurlu			1	5
C3-S1	SAR Düşük EC Yüksek	1 Çamlıdere 3 İkiağız 6 Mutluca	8 Kısas 9 Konuklu 10 Hancağız	13 Keçikıran 14 Kızıldoruç 20 Uğraklı	9	45
C2-S1	SAR Düşük EC Orta	2 Karabayır 4 Vergili 5 Yardımcı 7 Günbalı	12 Ozanlar 15 Yardımlı 16 Özlü 17 Olgunlar	18 Yaygılı 19 Bolatlat	10	50
Toplam					20	100



Şekil 4.28. Örnekleme noktalarının mevsimsel ortalamasına ait ABD tuzluluk diyagramı



Şekil 4.29. ABD tuzluluk diyagramına göre sulama suyu kalitesinin mevsimsel ortalamasına ait alansal dağılımı

4.3. Harran Ovası Bazı Su Kalitesi Sonuçlarının Geçmiş ve Günümüz Açısından Değerlendirilmesi

Yeraltı sularında sıcaklık ve pH değişken parametre olmadığı için ve yapılan çalışmalar sonucunda; 2005-2006 ve 2014-2015 yılları arasında sıcaklık ve pH değerlerinde değişim gözlemlenmemiştir. Ancak EC, nitrat, klorür ve sülfat değerlerinde

ova genelinde bir azalma tespit edilmiştir. 2005-2006 yılları arasında elde edilen değerlerin mevsimlik ortalamaları Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19. 2005-2006 yılına ait aşağıdaki parametrelerin mevsimsel ortalama değerleri (Yeşilnacar ve ark., 2007)

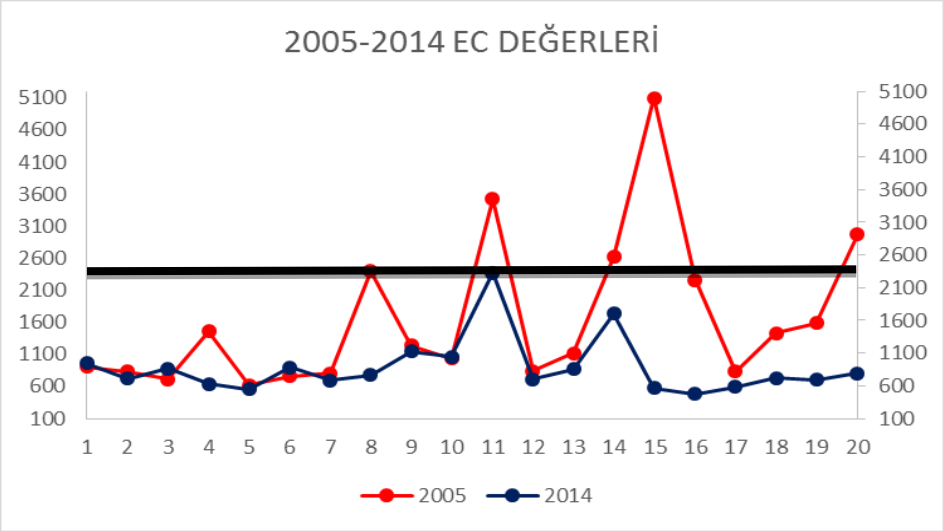
Mevsimsel Ortalama Değerler							
No	**Mevki**	**Sıcaklık**	**pH**	**EC**	**CI**	**SO_4**	**NO_3**
1	**ÇAMLIDERE**	15.3	6.9	904.5	48.0	31.5	3.0
2	**KARABAYIR**	19.8	7.5	830.0	27.0	30.5	28.0
3	**İKİAĞIZ**	22.3	7.0	712.8	45.0	37.5	48.5
4	**VERGİLİ**	19.9	7.3	1461.8	108.0	76.8	172.3
5	**YARDIMCI**	20.6	7.3	618.5	29.0	18.3	30.8
6	**MUTLUCA**	20.6	7.3	757.5	38.0	33.3	47.8
7	**GÜNBALI**	20.4	7.3	803.3	62.0	19.0	98.0
8	**KISAS**	20.4	6.8	2403.0	174.0	17.0	494.3
9	**KONUKLU**	19.5	7.0	1235.8	112.0	22.3	74.0
10	**HANCAĞIZ**	19.0	7.1	1036.3	59.0	33.5	51.3
11	**UĞURLU**	20.3	6.8	3520.5	235.0	203.0	691.3
12	**OZANLAR**	18.5	7.2	841.3	32.0	26.8	42.0
13	**KEÇİKIRAN**	19.7	7.4	1117.3	85.0	144.8	25.8
14	**KIZILDORUÇ**	20.6	7.4	2618.3	214.0	209.3	247.8
15	**YARDIMLI**	21.0	7.3	5101.3	730.0	890.0	248.8
16	**ÖZLÜ**	20.6	7.0	2257.8	130.0	462.5	247.0
17	**OLGUNLAR**	21.4	7.4	834.3	55.0	53.8	85.5
18	**YAYGILI**	20.3	7.3	1428.0	75.0	209.8	117.8
19	**BOLATLAR**	22.0	7.3	1586.5	144.0	277.8	71.0
20	**UĞRAKLI**	20.0	7.2	2970.0	190.0	153.0	481.0

4.3.1. Elektriksel İletkenlik

2005-2006 yılları arasında yapılan çalışmaya göre, 2500 µS/cm değerini geçen noktalar: Kısas, Özlü, Kızıldoruç, Uğurlu ve Yardımlı mevkileridir (Yeşilnacar ve ark., 2007). EC değerlerinin ova genelindeki alansal dağılımında, güneye doğru eğimin azaldığı, Harran ve Akçakale arasındaki, bölgelerde yüksek olduğu görülmektedir (Yeşilnacar ve ark., 2007).

Bu çalışmada EC değerinin, 2500 µS/cm seviyesini geçtiği nokta yalnızca Uğurlu mevkidir. Uğurlu mevkinde, EC değeri Kasım ayında 2510 µS/cm olarak ölçülmüştür. Diğer örnekleme noktalarında yapılan EC ölçüm sonuçları; WHO, USEPA, Sağlık Bakanlığı ve TS 266'ya göre uygun değerdedir.

Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından 2005-2006 yılları arasında yapılan çalışmayla kıyasladığımızda bu çalışmada (2014-2015 yılları) Uğurlu mevki dışında diğer örnekleme noktalarının tamamındaki EC değerlerinde azalış gözlemlenmiştir. EC değerindeki düşüşün sebebi; kapalı drenaj sistemine geçilmesi, kullanılan gübrelerin formundaki değişiklikler ve en önemlisi çiftçilerin bir kısmının bilinçli tarımsal faaliyetleri olarak söylenebilir. 2005-2006 yılları ve bu çalışmadaki EC ortalama değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait EC ortalama değerleri

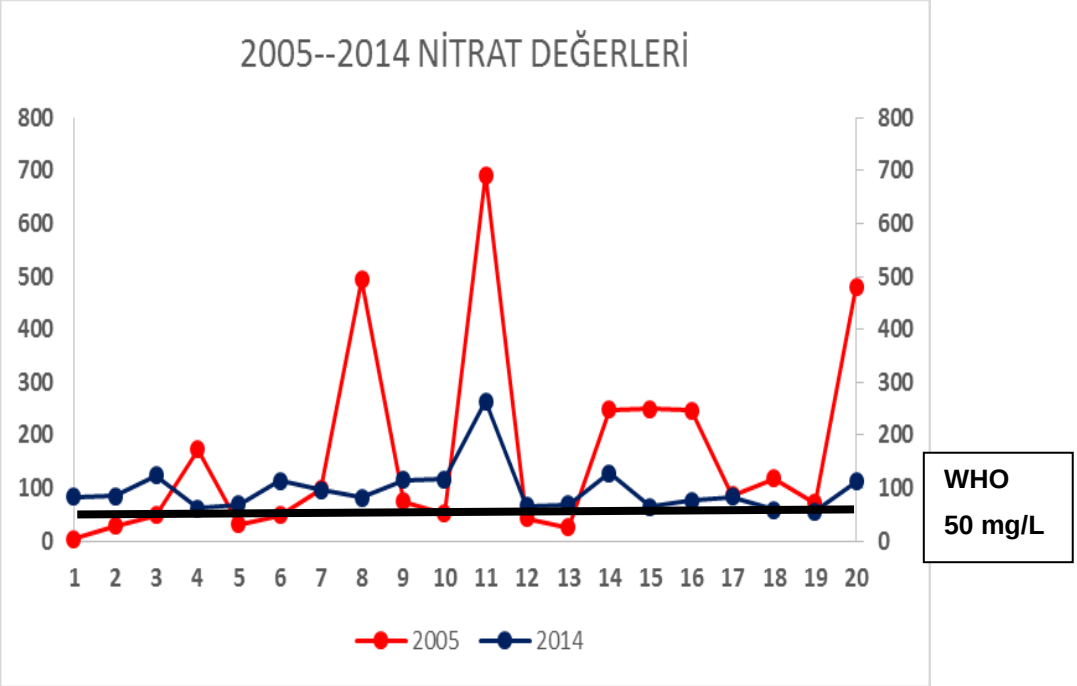
4.3.2. Nitrat

Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından 2005-2006 yılları arasında yapılan çalışmada, ova genelinde en fazla NO_3 değeri Uğurlu mevkinde 806 mg/L, en az NO_3 değeri ise Çamlıdere mevkinde 1 mg/L olarak ölçülmüştür. Bütün kuyuların ortalama NO_3 değeri 164 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ise en fazla NO_3 değeri mayıs ayında Uğurlu mevkinde 327 mg/L olarak ölçülmüştür. En az NO_3 değeri ise ağustos ayında Bolatlar mevkinde 20 mg/L olarak ölçülmüştür. Ova genelinde ortalama NO_3 değeri 88 mg/L olarak tespit edilmiştir. Nitrat değerinde genel anlamda düşüş gözlenmiştir. 2005-2006 yılları ve bu çalışmadaki NO_3 ortalama değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.31'de gösterilmiştir.

Geçmişten günümüze NO_3 değerindeki azalış sulamanın fazla olması ile açıklanabilir. Harran Ovası'nda, sulama kanaletlerle vahşi (salma) sulama yapılmaktadır. (Anonim, 2013). 2013 yılında Urfa ve Harran'ın sulanması için yapılan ana kanallara otomatik su ölçerler yerleştirildiğini ve Harran Ovası'nda hala yer yer vahşi sulamanın yapıldığı belirtmiştir (Aydoğdu ve ark., 2014).

Ova genelinde kapalı drenaj sistemine geçildikten sonra toprakta tuzluluğun azaldığı görülmüştür. Nitrat değerlerindeki azalışta ürün deseninin etkisi olmadığı orataya çıkmıştır. Çünkü geçmiş yıllarda ve günümüzde buğday, pamuk ve mısır gibi aynı ürünlerin ekimi yapılmaktadır.

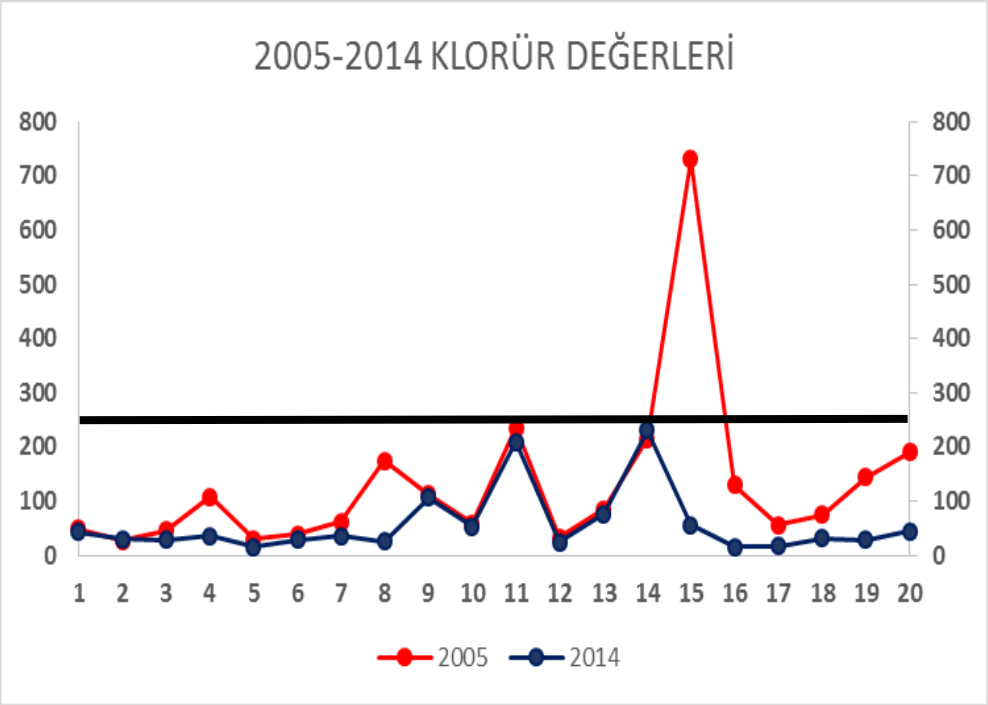


Şekil 4.31. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait NO_3 ortalama değerleri

4.3.3. Klorür

Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışma sonucunda, Yardımlı mevkinin CI^- değeri ortalama 619 mg/L olarak ölçülerek en yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

Bu çalışmada en yüksek CI^- değeri Kızıldoruç mevkinde, ortalama 231 mg/L olarak tespit edilmiştir. CI^- miktarında da genel bir azalış söz konusudur. Bu azalış bilinçli sulamadan kaynaklanmaktadır. 2005-2006 yılları ve bu çalışmadaki klorür ortalama değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.32'de gösterilmiştir.

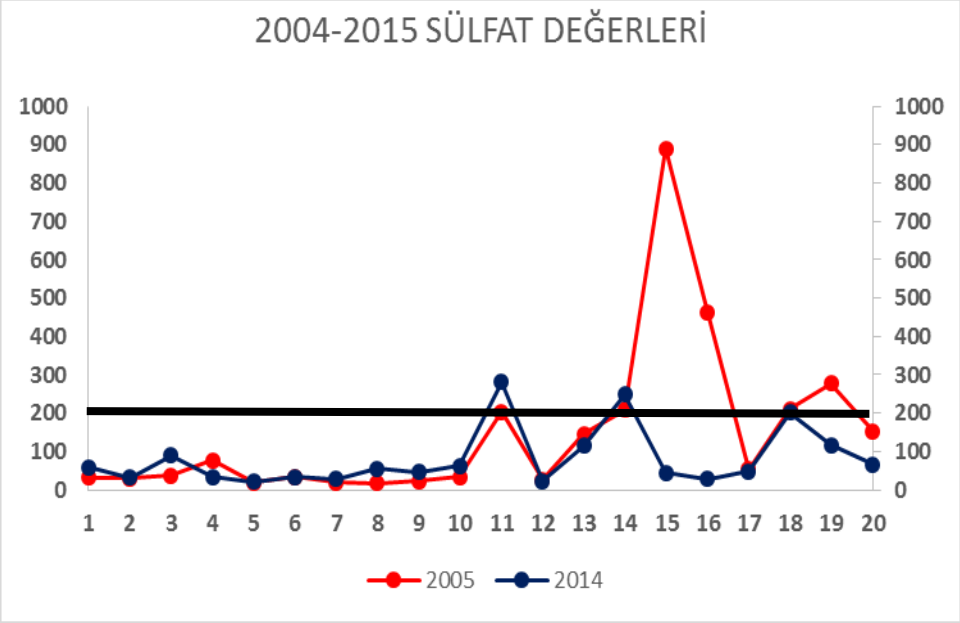


Şekil 4.32. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait Cl^- ortalama değerleri

4.3.4. Sülfat

Yeşilnacar ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışma sonucunda, Yardımlı mevkinde ortalama SO_4 değeri 890 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek sülfat konsantrasyonu ovanın güneydoğu bölümünde artış göstermektedir.

Bu çalışmada en yüksek SO_4 değeri Uğurlu mevkinde ortalama 282 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ova genelinde SO_4 değerinde azalış söz konusudur. Bu azalma kapalı drenaj sisteminin uygulanmasından kaynaklanmaktadır. 2005-2006 yılları ve bu çalışmadaki SO_4 ortalama değerlerinin karşılaştırması Şekil 4.33'te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. 2005-2006 yılları ve 2014-2015 yıllarına ait SO_4 ortalama değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Harran ovasında 1500 m^2'lik alanda 20 örnekleme kuyusunda mevsimlik (Mayıs, Ağustos, Kasım, Şubat) olarak numuneler alınmıştır. pH, sıcaklık, EC, NO_3^-, SO_4^{-2}, CI^-, HCO_3^-, Na^+, Ca^{+2}, K^+ ve Mg^{+2} analizleri yapılmış, SAR ve %Na değerleri hesaplanarak sonuçlara ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalara göre; yeraltı suyu sıcaklığında ve pH değerlerinde 2005 yılındaki sonuçlara göre farklılık gözlenmemiştir. NO_3^-, SO_4^{-2}, CI^-, HCO^-_3 parametrelerinde 2005 yılına göre genel bir azalma söz konusudur. Bu azalmalara rağmen nitrat değerleri ulusal ve uluslararası standart değerlere göre 50 mg/L'nin üzerindedir. NO_3 değerindeki azalış, kullanılan gübre çeşidinin değişmesiyle açıklanabilir. NO_3 içerikli gübreler üre formunda verilmekte ve ürenin suya geçmesi bir ayı bulmaktadır. Ayrıca kapalı drenaj sistemine geçilmiş olması toprakta tuzluluğu azalttığı gibi yeraltı suyunda da kirletici parmetrelerin azalmasına neden olmuştur. Bunların yanı sıra kirletici parametrelerin azalmasında ürün deseninin etkisi bulunmamaktadır; çünkü geçmiş yıllarda ekilen buğday, pamuk ve mısır gibi bitkilerin ekimine devam edilmekte olup, ürün deseni değişmemiştir. NO_3 değerinin sınır değerlerin altına düşmemesi ise "Sulama Birlikleri" tarafından sulama yönteminde değişiklik yapılmaya çalışılsa bile çoğunlukla salma sulama sistemine devam edilmesi ile açıklanabilir. Wilcox diyagramına göre yapılan sınıflandırmada 11 numaralı örnekleme noktasının bulunduğu Uğurlu mevki hariç ova genelindeki yeraltısuları sulama kalitesi bakımından "Kullanılabilir" düzeyde olmasına karşın Uğurlu mevki ise "Şüpheli Kullanılamaz" sınıfına girer. ABD tuzluluk diyagramına göre Uğurlu mevkinde C_4-S_1 "çok yüksek" EC sınıfında %5, Çamlıdere, İkiağız, Mutluca, Kısas, Konuklu, Hancağız, Keçikıran, Kızıldoruç, Uğraklı mevkileri C_3-S_1 "yüksek" EC sınfında %45 olarak belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

-Ovanın kirlilik düzeylerinin sürekli olarak izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca ova özelinde merkezi ve/veya yerel idareler tarafından yeraltı suyu kirliliğinin kontrolü ve önlenmesi ile alakalı ilke ve hedeflerin belirlenmesi, politika ve stratejilerin geliştirilmesi, tedbirlerinn alınması ve buna yönelik programların hazırlanması hayati önem arz etmektedir.

-Nitrat kirliliğinin kaynağı olan tarımsal gübreleme ve sulama yöntemleri hakkında çiftçiler bilinçlendirilerek yeraltı suyunda nitrat kirliliği azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalı. Tuzluluğa neden olan kanallarla salma sulama sistemi yerine damla sulama, Ceylanpınar Ovası'nda kullanılan center-pivot uygulaması ve bunun hakkında çiftçileri bilinçlendirme çalışmaları yapımalı, örnek olarak yol gösterilmelidir.

-Harran Ovası'nın sulama yöntemleri, drenaj, bitki deseni belirlenerek nitrat kirliliği ve tuzluluk ile ilgili ilişkilendirilip haritaları oluşturulmalıdır.

-Ova genelinde topraktaki nitrat konsantrasyonu araştırılarak yeraltı suyu nitrat kirliliğiyle ilişkilendirilmelidir.

-Ova genelinde kullanılan pestisitlerle ilgili çalışmalar yapılmalı, YAS ve topraktaki pestisit kalıntıları analiz edilerek, suya ve toprağa zararının olup olmadığı tespit edilmelidir.

-Taban suyunun yüksek olduğu yerlerde suyu çok tüketen bitkiler ve ağaçlar ekilmelidir.

-Yüksek EC ve tuzluluğa sahip olan örnekleme noktalarında, tuzluluğa dayanıklı bitki türlerinin yetiştirilmelidir.

KAYNAKLAR

ACAR, G., TOKATLI, C., KÖSE, E., ÇİÇEK, A. ve DAYIOĞLU, H., 2012. Emet Ve Hisarcık Bölgesi (Kütahya) Yeraltı Suyu Kalitesinin İncelenmesi. Dumlupınar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 27: 13-22.

AĞAOĞLU, S., ALİŞARLI, M., ALEMDAR, S., DEDE, S., 2007. Van Bölgesi İçme ve Kullanma Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fak. Dergisi. 18(2):17-24

ANONİM, 1991. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği, 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazete.

ANONİM, 2004a Numune Alma Kılavuzu 2004-1, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Çevre Referans Lab., b17 s., Ankara.

ANONİM,(2012).http://www.mta.gov.tr/v2.0/birimler/redaksiyon/ekonomi-bultenleri/2012_15/99.pdf

ANONİM, (2013). T.C. Şanlıurfa Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü Şanlıurfa 2012 Yılı İl Çevre Durum Raporu

ANONİM,(2014).http://tr.wikipedia.org/wiki/Mavi_bebek_ameliyat%C4%B1media/File:Cyanotic_neonate

ANONİM, (2015). Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği, 21 Şubat 2015 tarih ve 29274 sayılı Resmi Gazete.

ASTM (The American Society for Testing and Materials), 2001. Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells, D4448-01, p.17, USA

ASTM, 2005. D6517-00, 2005. Standard Guide for Field Preservation of Ground-Water Samples

AYDOĞDU, M. H., KARLI, B., YENİGÜN, K., MANCI, A. R. Ve AYDOĞDU, M.,2014. Harran Ovasındaki Sulama Birliklerinin Yapısal Sorunları Ve Çözüm Önerileri, Gap Bölgesi, Türkiye. International Journal of Social Science Doi number:http://dx.doi.org/10.9761/JASSS2488 Number: 28 , p. 179-196.

AYYILDIZ, M., 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü., Ziraat Fak., Yay., 879/244, Ankara.

BABİKER, S. I, MOHAMED, A.A.M., TERAO, H., KATO, K. Ve OHTA, K., 2004. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system, Elsevier, 29(8): 1009-10017.

BAHADIR, M., (2011), Güneydoğu Anadolu Proje (GAP) Alanında Sıcaklık ve Yağışın Trend Analizi, The Journal Of International Social Research Volume: 4 Issue: 16, Winter. P. 48- 57.

BALKANLIOĞLU, R., 2008. Gaziantep'te Kuyu Suları Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstütüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 11+58.

BALL, D.F., 1995. The occurrence of groundwater pollution in Scotland. Report Foundation for Water Research FR/SC 0010.

BAYINDIR, Y., 2006. Harran Ovası Serbest Akiferinin Kirlilik Potansiyelinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa, 93s.

BEAR, J., 1979. Hydraulics of Groundwater, Mc-Graw Hill, 569p., USA

BİLGİLİ, A., V., SÖNMEZ, O., ÇULLU, M.A., KAYA, C. ve AYDEMİR, A. 2011. Harran ovasında tuzlanmış toprakların geleneksel ve jeoistatistiksel metotlar ile haritalanması. TÜBİTAK Proje No: 109O493

BUNDY, L.G.,KNOBELOCH , L. ,WEBENDORFER, B. , JACKSON, G.W. ve SHAW, B.H. ,1914. Nitrate in Wisconsin Groundwater: Sources and Concern, Wisconsin,USA

CANTER, L.W., 1997. Nirates in Groundwater, CRS Press LLC, 263 p., USA Catalog No. En 37 – 54. 89 p.

ÇAKMAK, Ö., 2007. Eşkişehir İlinde Yeraltı ve Yüzeysel Sularda Nitrat Kirliliğinin Kaynakları Göz Önünde Bulundurularak Değerlendirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 191s.

ÇULLU, M.A., 2011. Toprak Tuzlaşması, Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge

Kalkınma İdaresi Başkanlığı, GAP Eylem Planı.

DEMİR, D.R., 2013. Silifke Ovası Seracılık İşletmelerinde. Su Kaynaklarının Kalite Yönünden İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 64s.

DEMİR YETİŞ, A., 2013. Ceylanpinar Ovasi Yeralti Suyu Kalitesinin Ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana, 137s.

DRİSCOLL, C. T., WHİTALL, D., ABER, C. D., Boyer, E. W. 2003 Nitrogen Pollution: From the Sources to the Sea. Hubbard Brook Research Foundation, Science Links Publication, Vol.1.no.2

DSİ, 1972. Harran Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara. 49s

DSİ, 2014. DSİ XV. Bölge Müdürlüğü Arşivi, Şanlıurfa

DURMAZ, H., ARDIÇ, M., AYGÜN, O. ve GENLİ, N., 2007. Sanlıurfa ve Yöresindeki Kuyu Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeyleri. YYÜ VET FAK DERGİSİ, 18(1):51 54.

EPA, 1993. Wellhead Protection: A Guide for Small Communities. Seminar Publication. February 1993, EPA/625/R-93/002. 144 p., Washington DC, USA.

ERGUVANLI, K. ve YÜZER, E., 1987. Yeraltısuları Jeolojisi (Hidrojeoloji). İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul,339s.

ERTAŞ, N., GÖNÜLALAN, Z., YILDIRIM. Y., AL, S., ve KARADAL, F., 2013. Kayseri Bölgesi Kuyu Sularındaki Nitrat ve Nitrit Düzeyleri. Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi, 10(1): 15-19.

FREEZE, R.A., CHERRY, J.A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 pp, U.S.A.

FREEZE A.R. AND CHERRY J.A., 2003. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 p, U.S.A

FYTIANOS, K., and CHRISTOPHORIDIS, C., 2004. Nitrate, Arsenic and Chloride Pollution of Drinking Water in Northern Greece, Elaboration by Applying GIS, Environmental Monitoring and Assessment, 1-13.

GEORGE, P.R., 1983. Agricultural Water Quality Criteria Irrigation Aspects Resource Management, Technical Report No.30. ISSN 0729-3135, October, 12p.

GLEİCK, P. H., 1996. Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2. pp.817-823.

GÜRBÜZ, Y., DEMİR, S., KASACI, A., BİNGÖL,Ü. 2014. Sularda tarımsal kaynaklı nitrat kirliliği izleme çalışmaları (doğu anadolu bölgesı örneğı).5. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, Elazığ.

HALBERG, G.R. ve KEENEY,D.R.,1993.Nitrate, Alley, Willam A. ,ed.,Regional Groundwater Quality ,Van Nostrand Reinhold, New York,p.297-322

HEM, J.D., 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, US Geol. Survey Water-Supply Paper 1473. 363 pp.

KAÇAROĞLU, F., 1994. Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirliliği. C. Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, seri A-Yerbilimleri, Sivas, C. 11 s.1

KAPLAN, M., SÖNMEZ, S., ve TOKMAK, S., 1999. Antalya–Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23: 309–313.

KEENEY, D., 1986. Sources of Nitrate to Ground Water, CRC Critical Reviews in Environmental Control, 16/3, 257-304.

KOVANCI, İ., 1979. İç Ege Bölgesi Sulama Sularının Bitki Beslemesi Açısından Kimi Nitelikleri Ve Kimyasal İçerikleri Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü. Ziraat Fak. Yayınları No: 364, Bornova-İzmir.

LERNER, D.N.,2003. Estimating Urban Loads of Nirogen to Groundwater. The Journal. V 17 N 4,pp. 239-244

LOGAN, T.J., RANDALL, G.W., and TIMMONS, D.R., 1980. Nutrient content of tile drainage from cropland in the north central region. North Central Regional Research Pub. 268, Ohio Agric. Research and development Center, Wooster, OH, 16 pp.

MAHVİ, A. H., NOURİ, J., BABAEİ, A. A. ve NABİZADEH, R., 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. Int. J. Environ. Sci. Tech.2(1) pp. 41-47.Tahran.

MCNEELY, R. N., NEIMANIS, V. P. ve DAWYER, L., 1979. Water Quality Sources Book.a Guide to Water Quality Parameters, Minister of Supply and Services Canada.

MENENGİÇ, M., 1998. Göksu Deltası (Silifke-İçel) Yeraltı Suyu Kirliliği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 77s.

MUTLU, E., DEMİR, T., KUTLU, B., ve TANIK, T., 2013.Sivas-Kurugöl Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1(1): 37-43.

ÖZÇELİK, Ş.,1998. Eskişehir Ovası Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Kirliliği (1995 sonrası). Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 80s.

POLAT, R., ELÇİ, A. ŞİMŞEK, C., GÜNDÜZ, O., 2007.İzmir-Nif Dağı Çevresindeki Yeraltı Suyu Nitrat Kirliliği Boyutunun Mevsimsel Değerlendirilmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-27 Ekim, İzmir, s.482-489.

POWER, J.F., and SCHEDERS, J.S., 1989. Nitrate contamination of groundwater in North America, Agric. Ecosystems Environ., 26: 165–187.

RICHARD, Y., 1980. Denitrification of Water for Human Consumption. Prog. Water Technol. 12, 173.

SAATÇİ, F., ALTINTAŞ, Ü., ANAÇ, D., VURAL, S., 1988. Melez Çayı (İzmir) İçeriğindeki Bazı Organik Ve İnorganik Kökenli Maddeler İle Ağır Metallerin Nitelik ve Nicelik Dağılımları Üzerine Araştırmalar. E. Ü. Ziraat Fak. Dergisi. 25(1): 137-151.

SAWYER, C.N., MCCARTY P.L., PARKIN G.F., 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5th edition, McGraw-Hill Companies, ABD, 752 p.

ŞAHİNCİ, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, 548s.

ŞEN, E., 1996. Bursa Yöresi Yeraltı Sularında Nitrat Düzeyi, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu Kitabı Uludağ Üniversitesi Basımevi, s. 341- 354, Bursa.

ŞENGÜL, F., MÜEZZİNOĞLU, A., 1995. Çevre Kimyası (2. Baskı), DEÜ Müh. Fak. Matbaası, İzmir, 243 s.

TSE, 1997a. TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997. Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri – Kılavuzu

TSE, 1997b. TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997. Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları

United States Geological Survey (USGS), 1998. Denver, CO. "Ground Water and Surface Water: A Single Resource." USGS Circular 1139.

USEPA, 2012. "2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories". EPA 822-S-12-001 Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.

UNESCO, 2000. Groundwater. ZAPOROZEC, A., MİLLER, J.C., Yeraltısuyu Kirliliği

ÜNAL, A. A. ve SARGIN, A. H., 2001. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

WATER ve RIVERS COMMISSION of WESTERN AUSTRALIA, 1996, Guidelines for irrigation of vegetated land with nutrient-rich wastewaters.

WHO (World Health Organization), 1978. Nitrate, Nitrites And Nitrosocompounds. Env. Health Criteria-5. WHO, Geneva.

WHO İnsani Tüketim Amaçlı Sular (Dünya Sağlık Örgütü), 1985, 1998

WHO, 2011. The Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth edition,India.

YALÇIN, H., Gürü M., 2002 Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık , Ankara.

YAHŞİ, R., 1981. Su ve Toprak Kaynaklarının Kirlenmesi ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğünün Su Kirliliği İle İlgili Çalışmaları, Su Ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildiriler Kitabı, Cilt II., s. 661–679.

YEŞİLNACAR, M. İ., GÜLLÜOĞLU S. M., 2008. Hydrochemical characteristics and the effects of irrigation on groundwater quality in Harran Plain, GAP Project, Turkey. Environ Geol. 54:183–196.

YEŞİLNACAR, M. İ. ŞAHİNKAYA, E., NAZ, M., OZKAYA, B., 2008. Neural network prediction of nitrate in groundwater of Harran Plain, Turkey Environ Geol. 56:19–25

YEŞİLNACAR, M. İ. , DEMİR, F. , UYANIK, S. , YILMAZ, G., DEMİR, T. 2007. Harran ovası yeraltı suyu kalitesi ve kirlenme potansiyelinin belirlenmesi. TUBİTAK Proje Kodu: 104Y188 (ÇAYDAG).

YILDIRIM, M., TOPKAYA, B., 2005. Antalya Kentindeki İçme Suyu Kaynaklarının Kirlenme Potansiyelinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Belirlenmesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunlari Kongresi Bildiriler Kitabı, 22 Eylül. Antalya.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nilgün KAHRAMAN

Uğruğu : T. C.

Doğum Yeri ve Tarihi : İskenderun-29.03.1988

Telefon : 0535 509 39 33

E-mail : n.kahraman63@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme yılı
Lisans	Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Mersin	2012
Yüksek Lisans	Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Şanlıurfa	2015

UZMANLIK ALANI

Yeraltı Suyu Kirliliği, Coğrafik Bilgi Sistemleri, Su Kalitesi

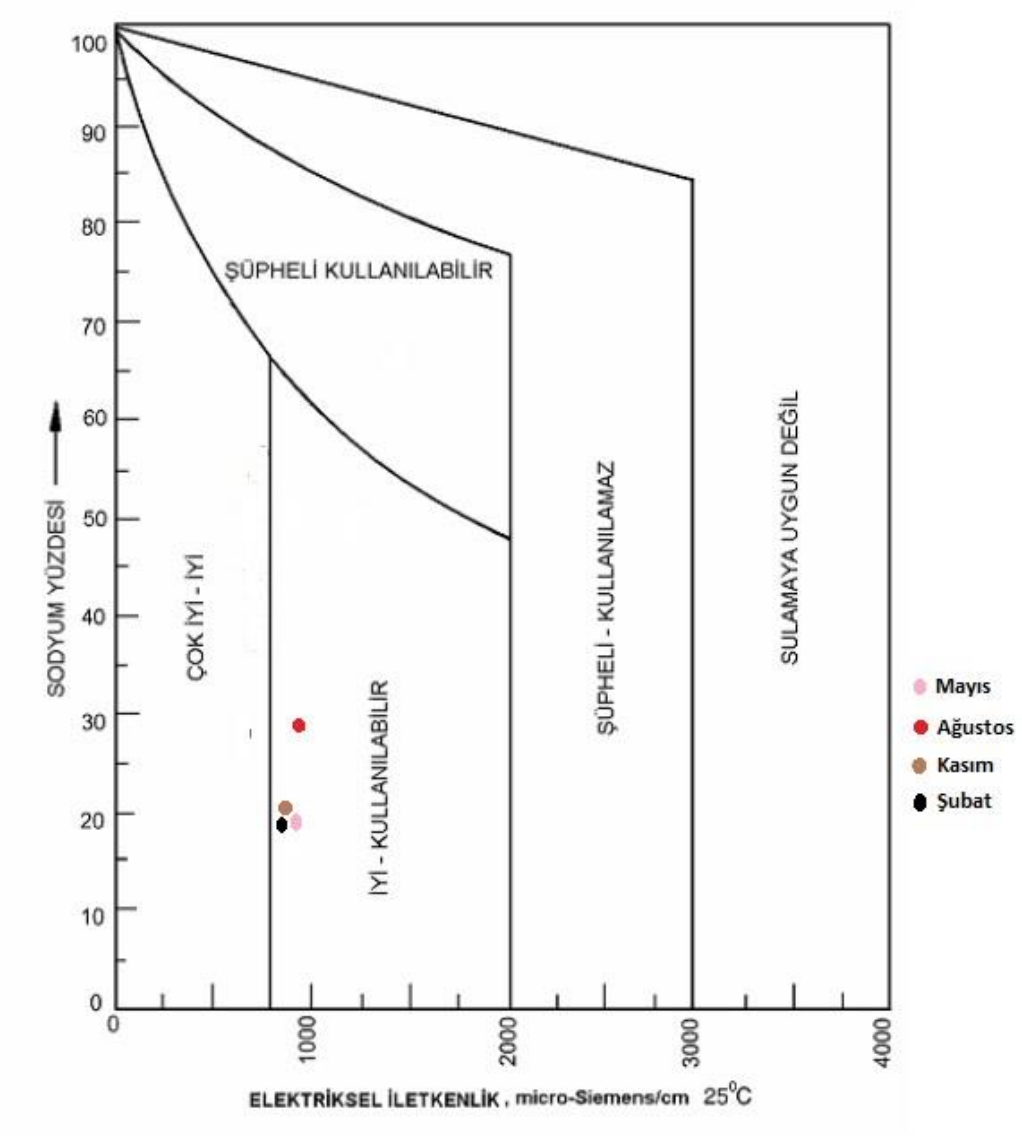
YABANCI DİLLER

İngilizce

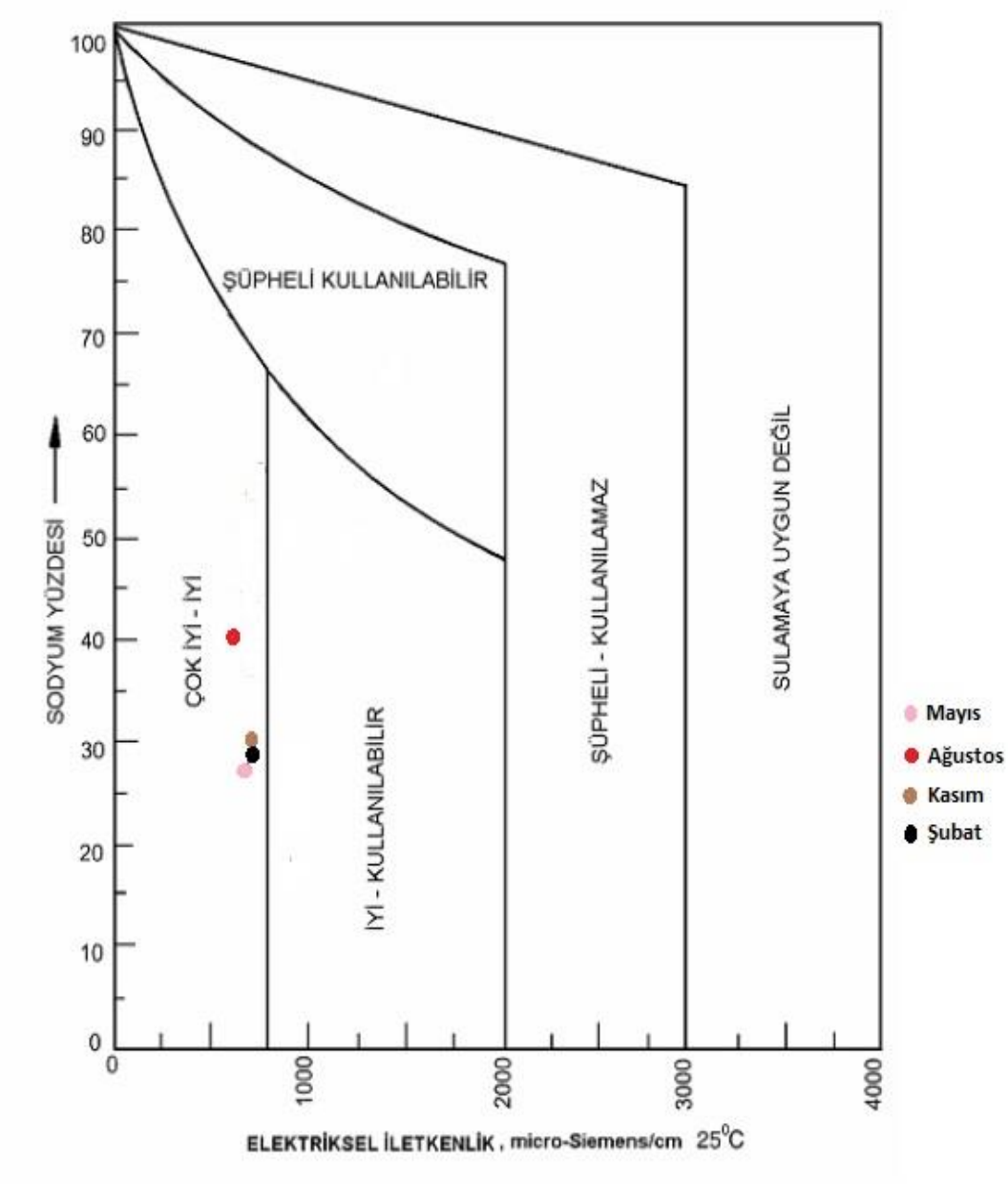
DİĞER

HÜBAK Projesinde (Proje No:14053) araştırmacı olarak görev alma (2014-2015)

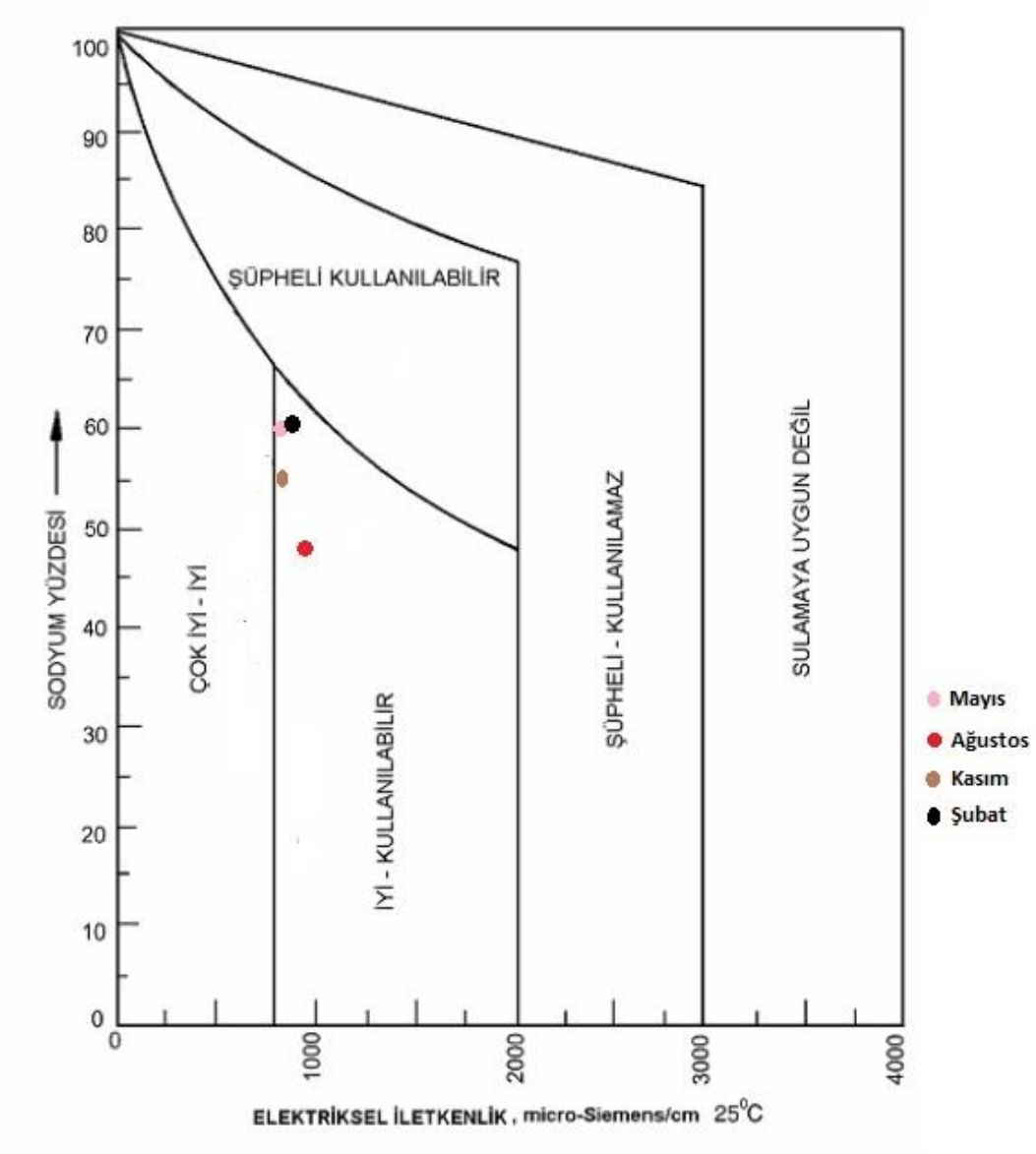
EKLER



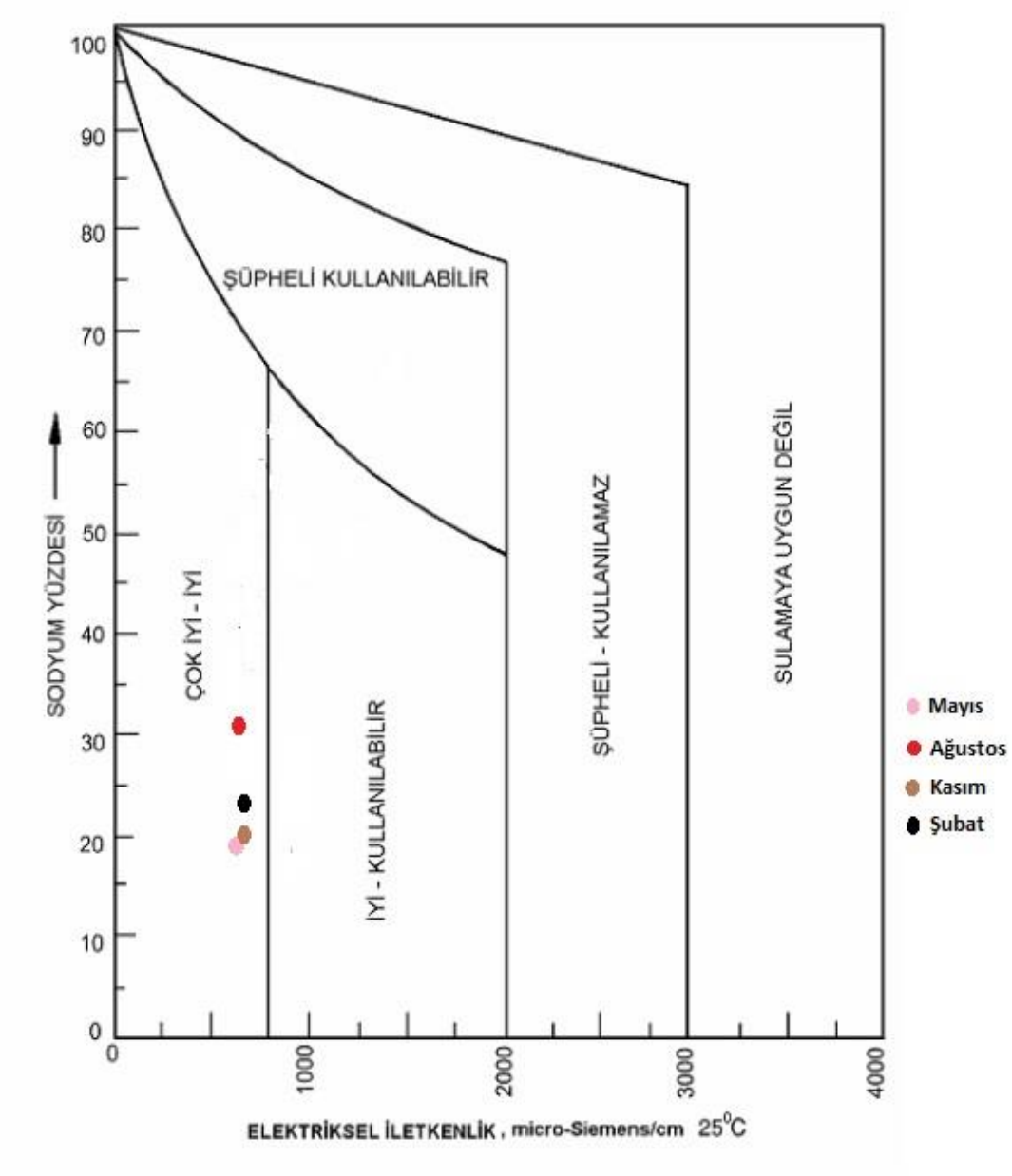
EK 1 Çamlıdere örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



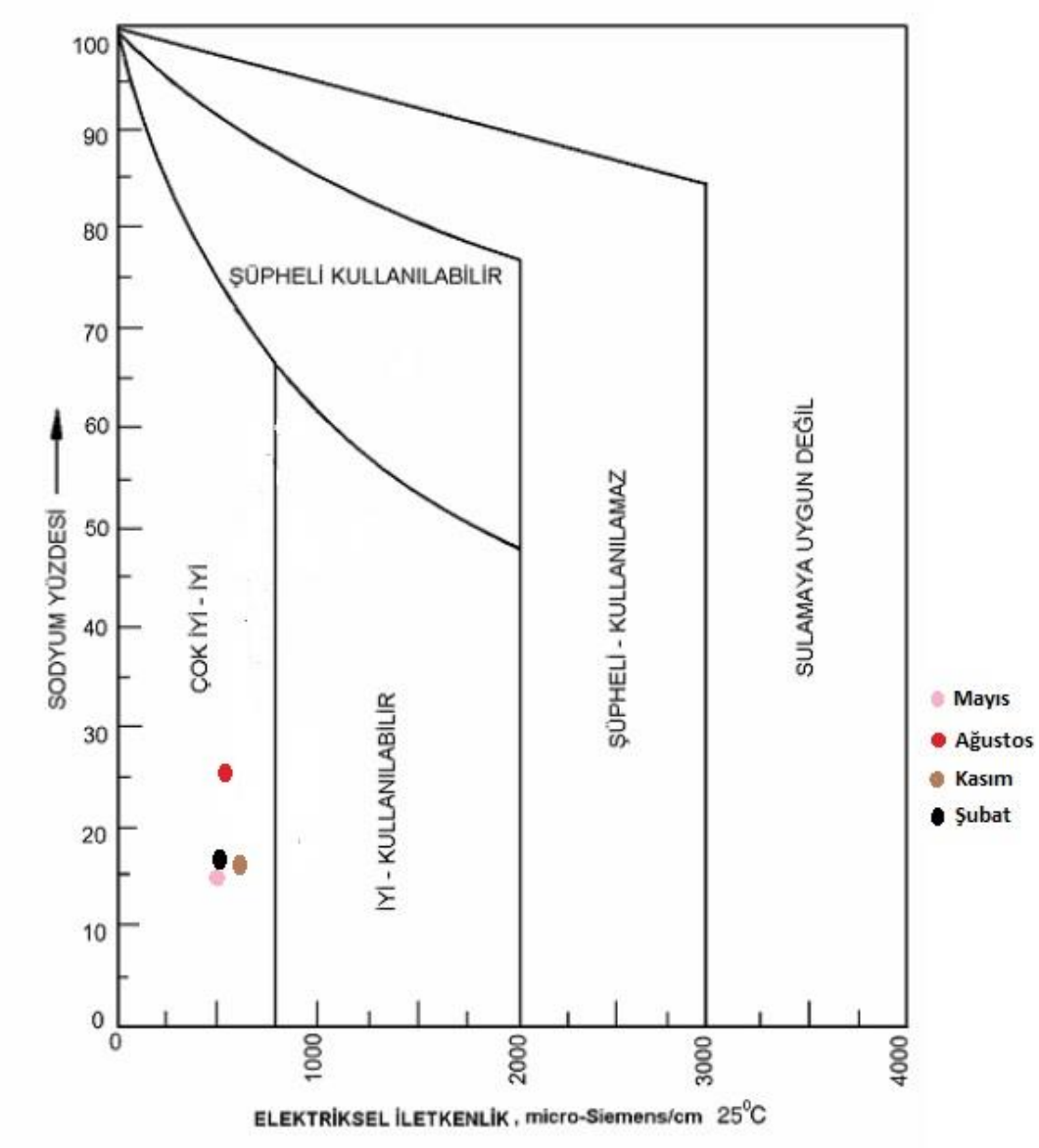
EK 2 Karabayır (2) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



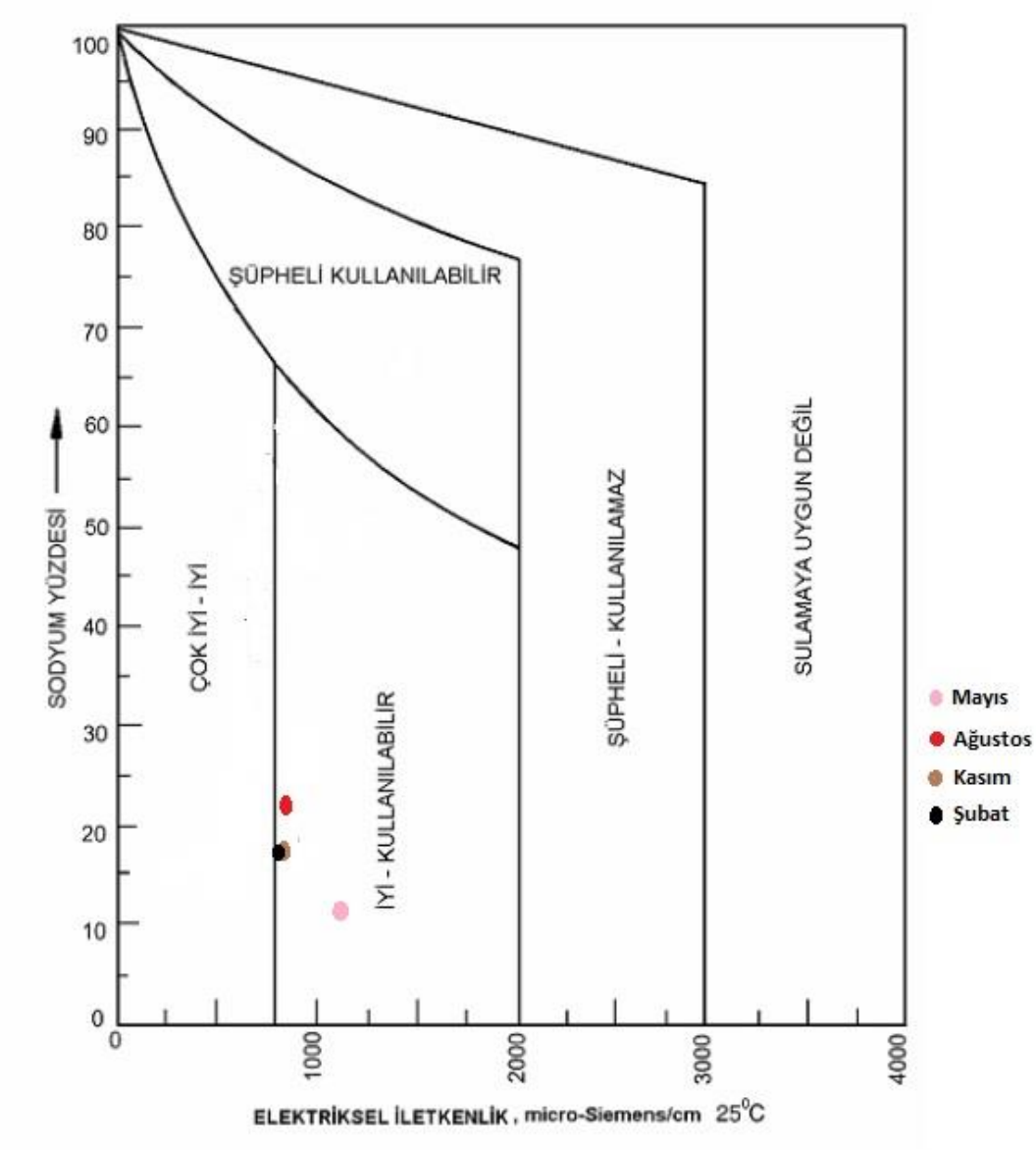
EK 3 İkiağız (3) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



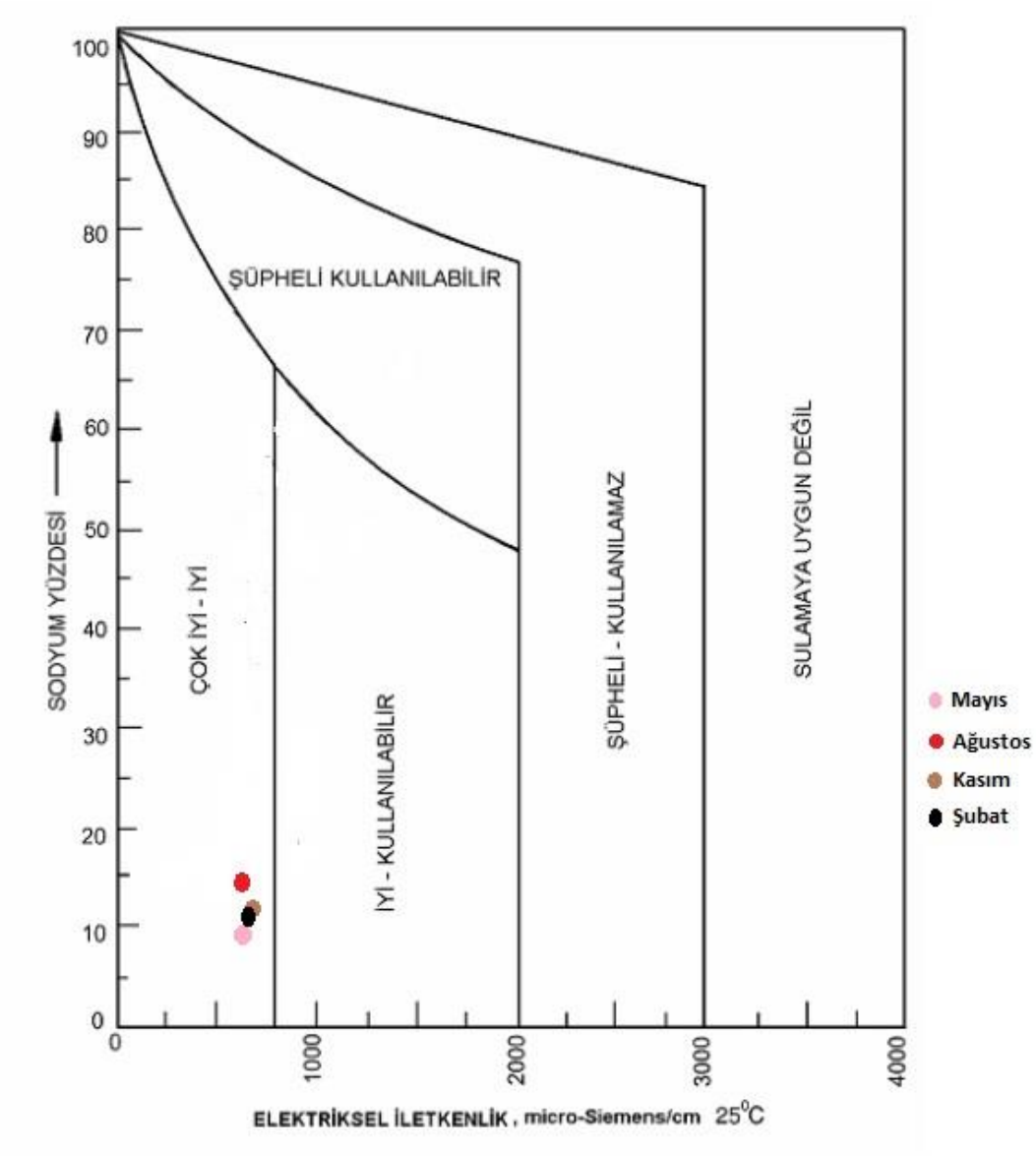
EK 4 Vergili (4) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



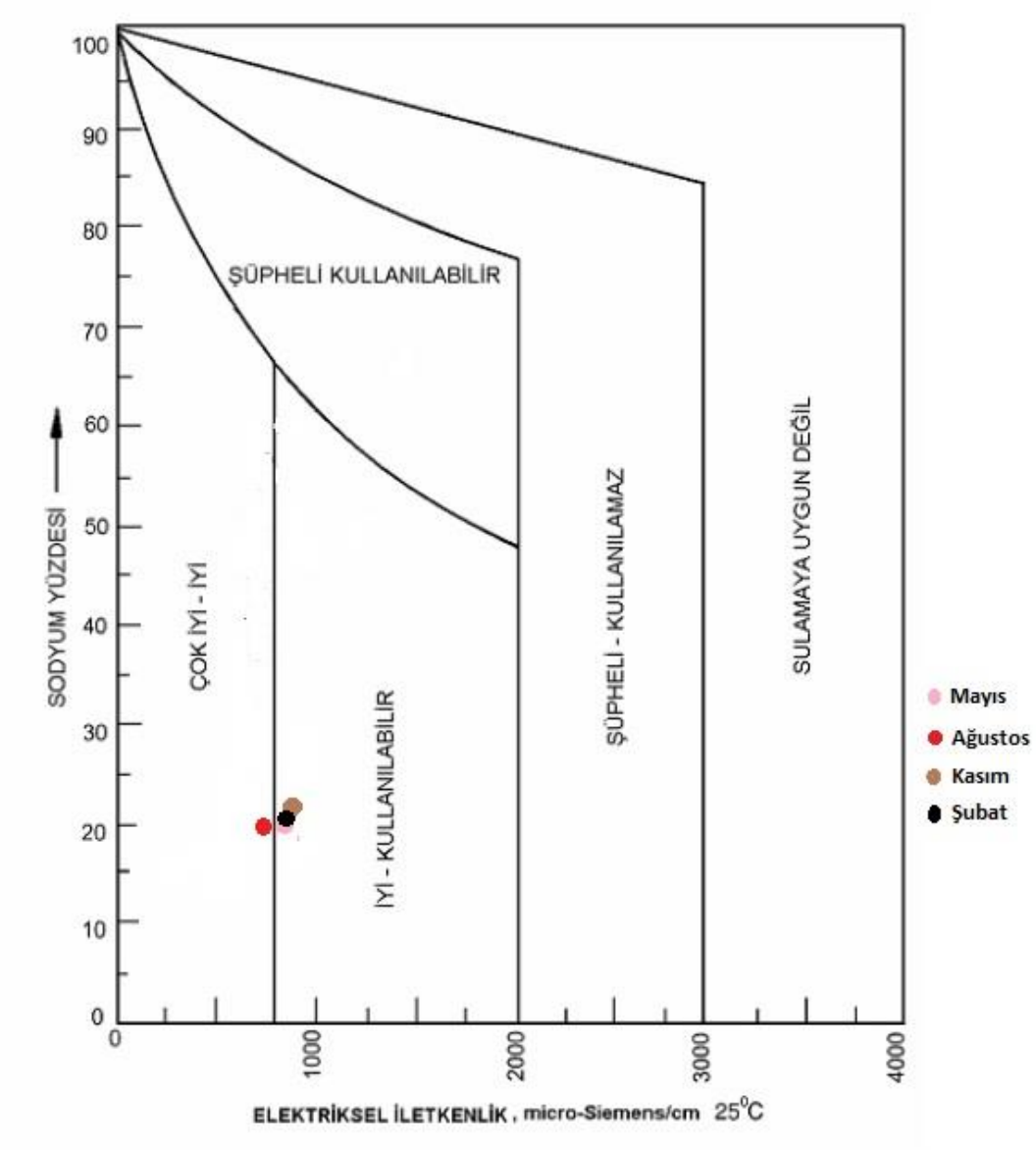
EK 5 Vergili (5) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



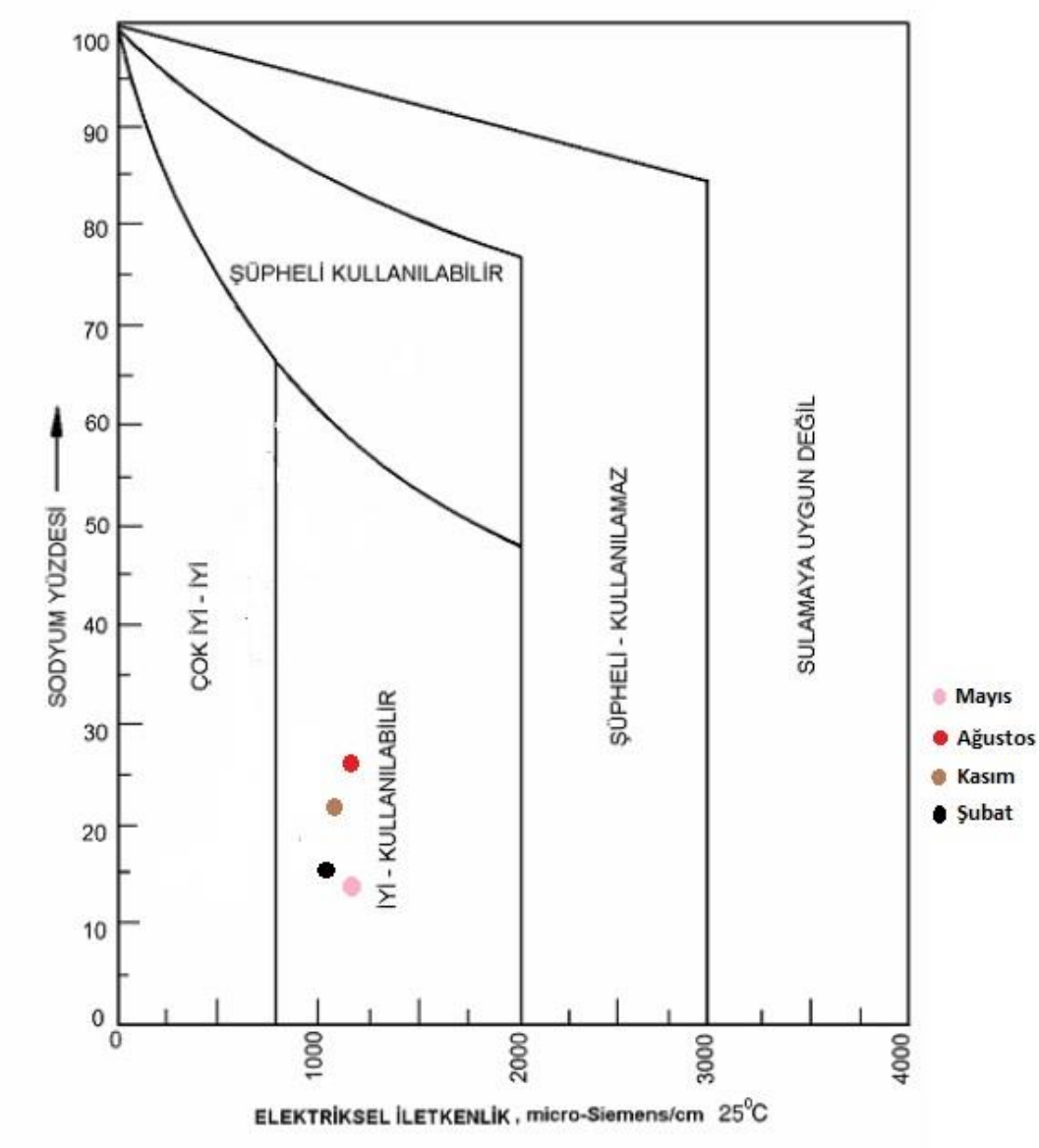
EK 6 Mutluca (6) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



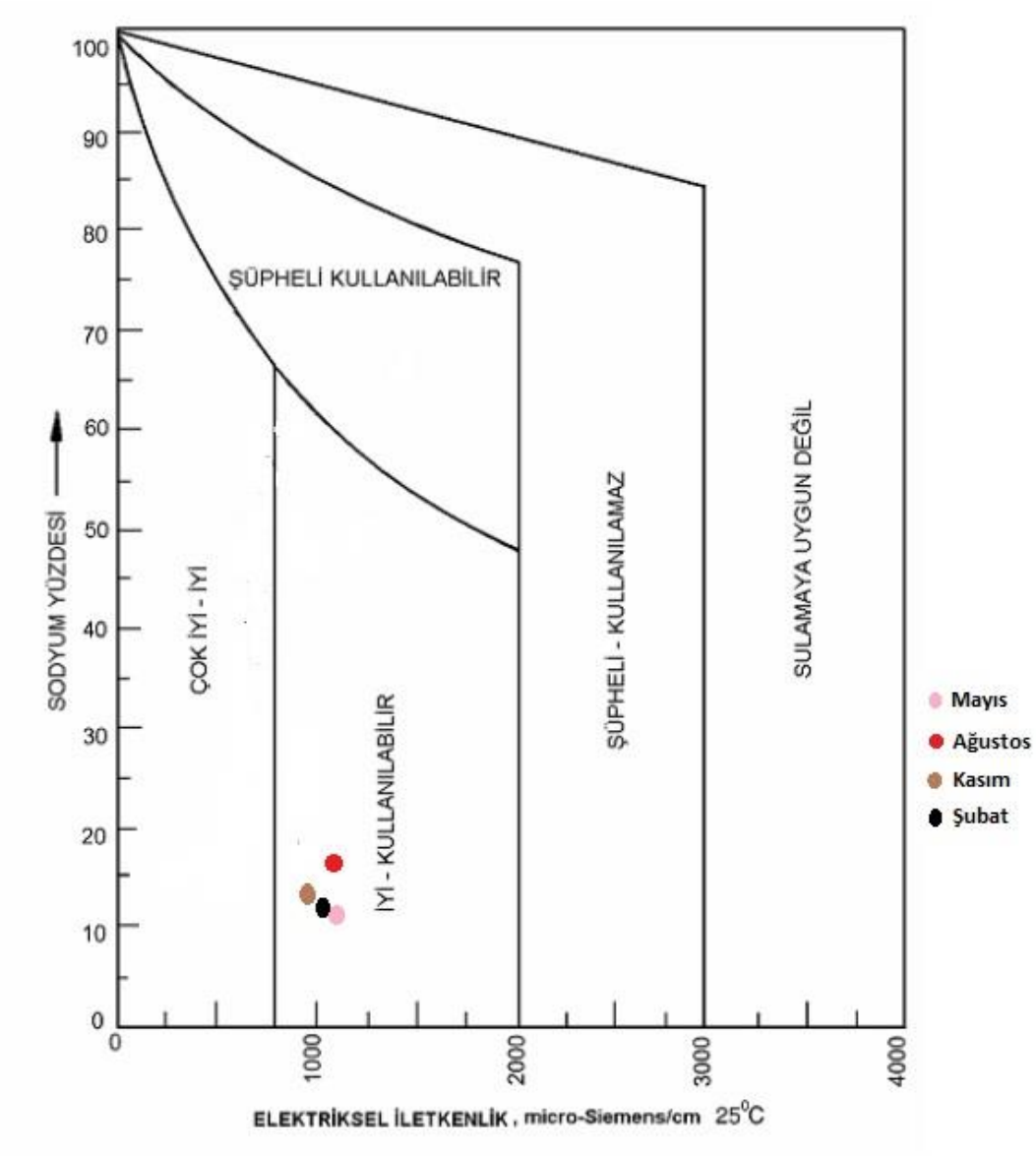
EK 7 Günbalı (7) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



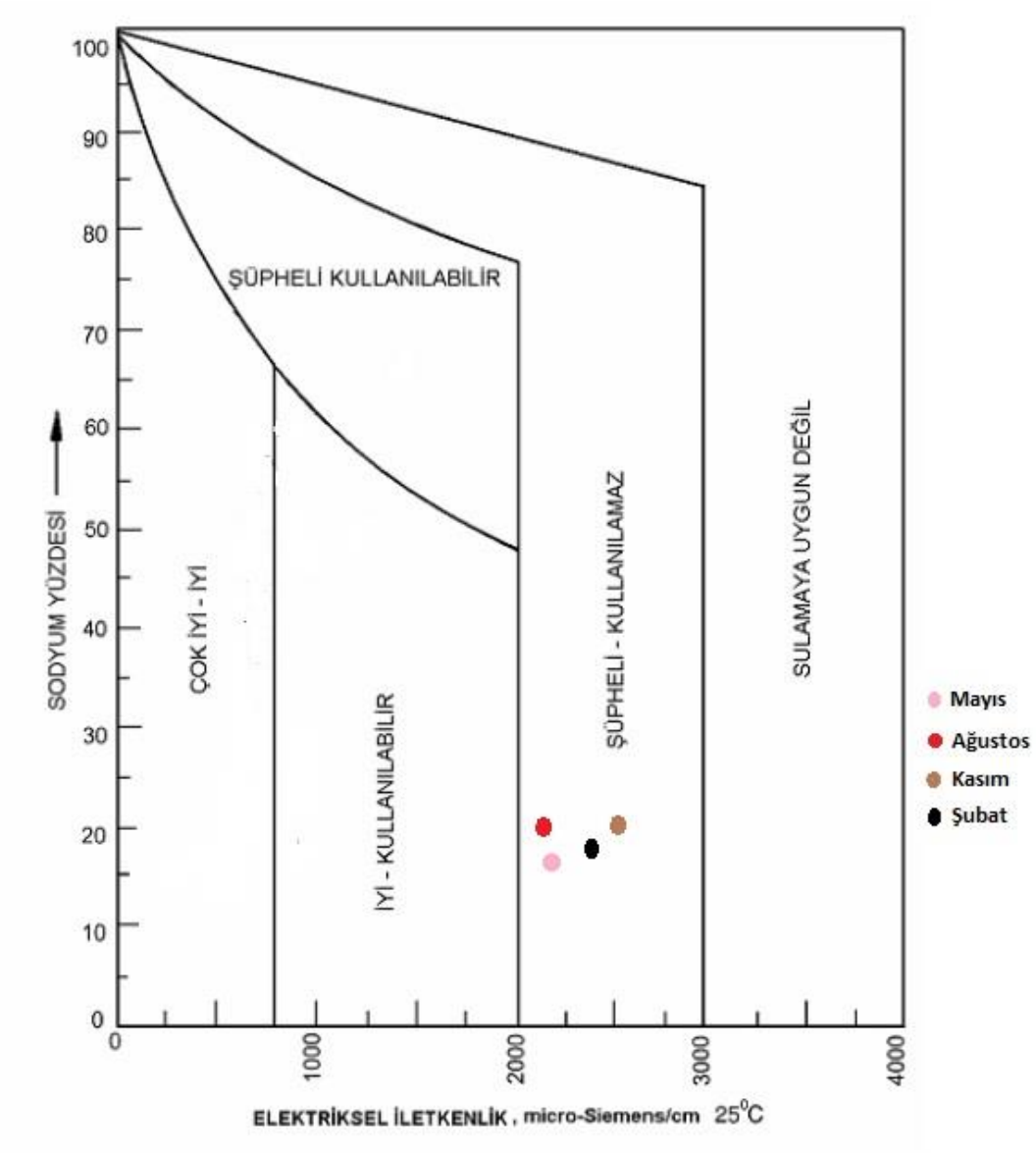
EK 8 Kısas (8) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



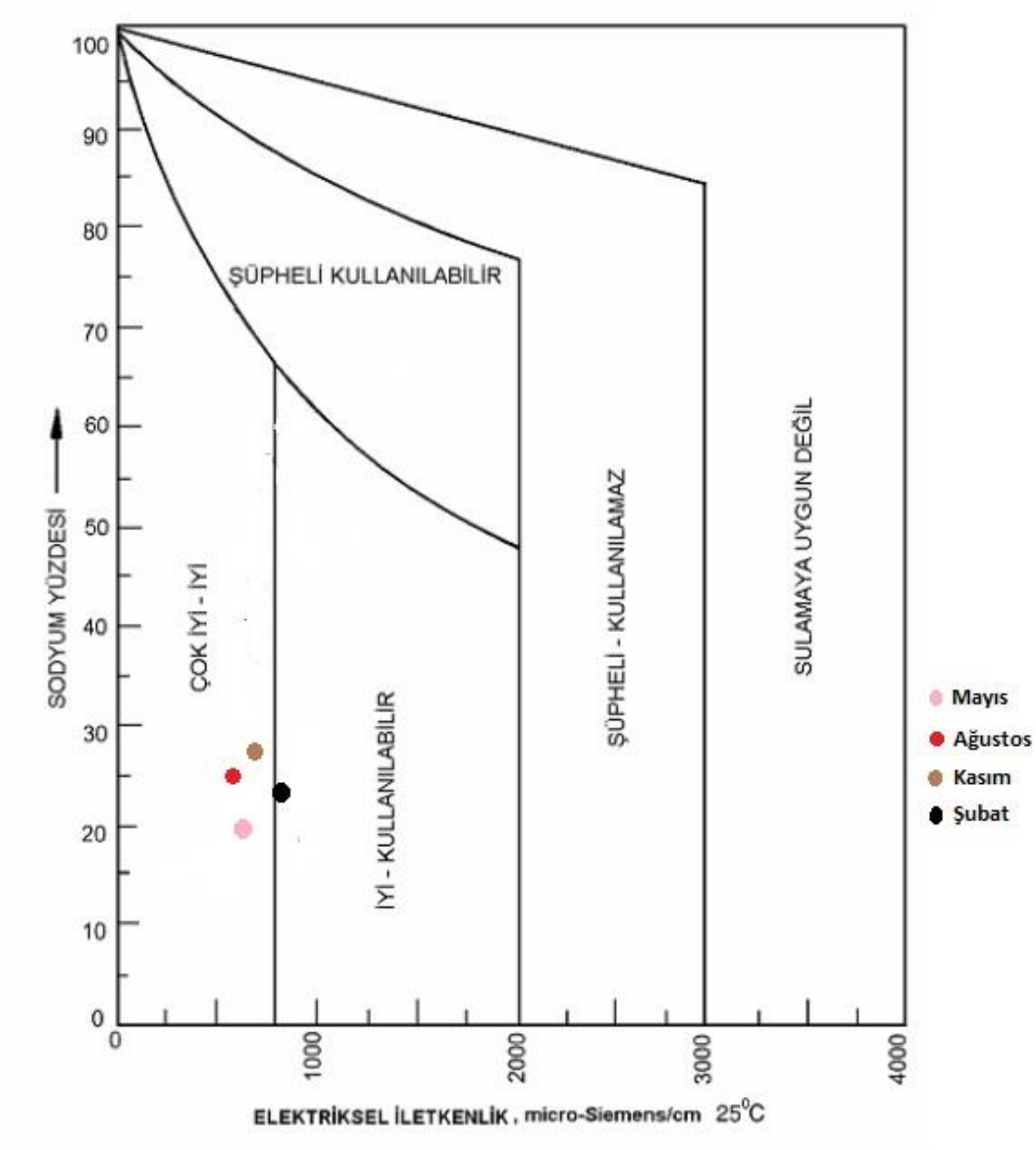
EK 9 Konuklu (9) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



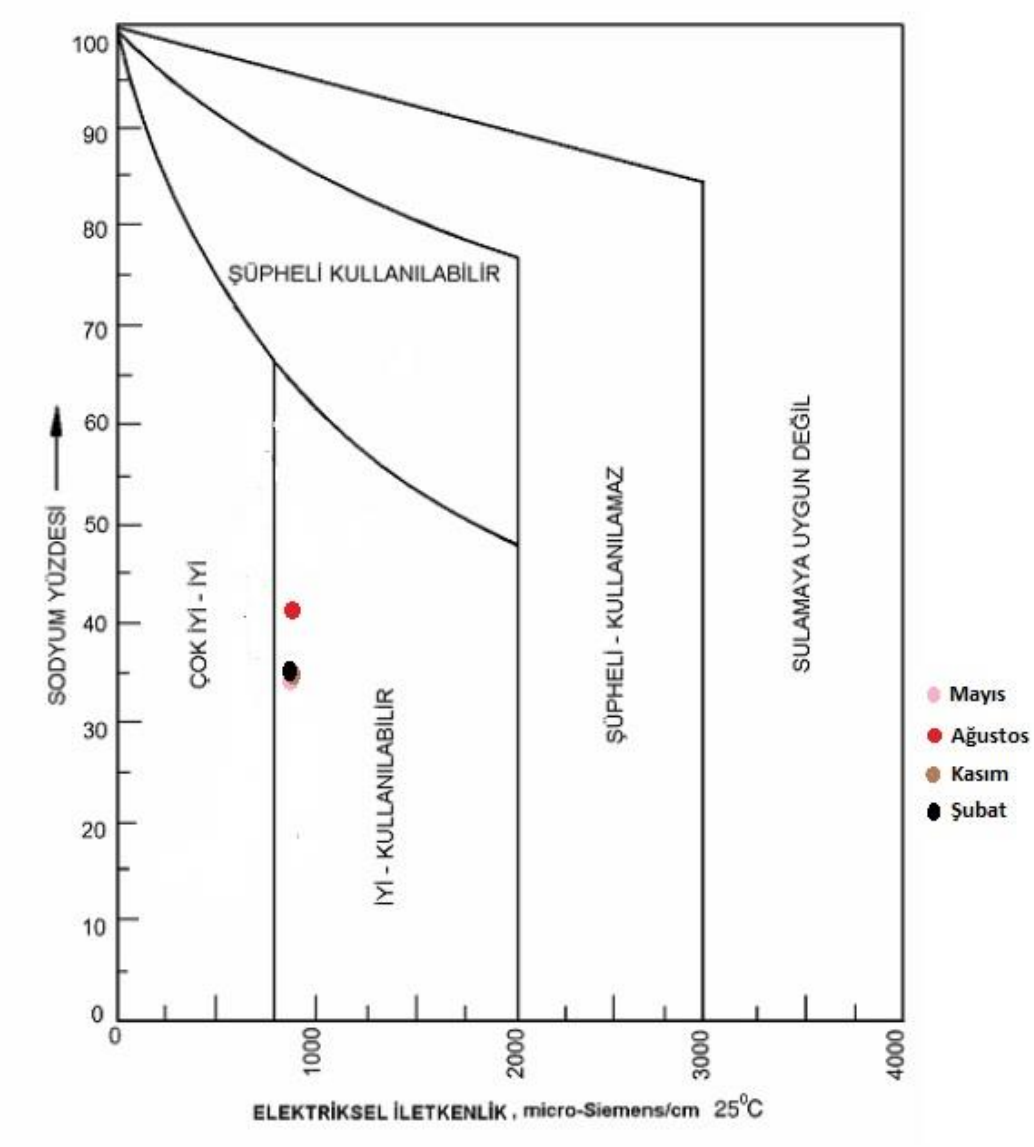
EK 10 Hancağız (10) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



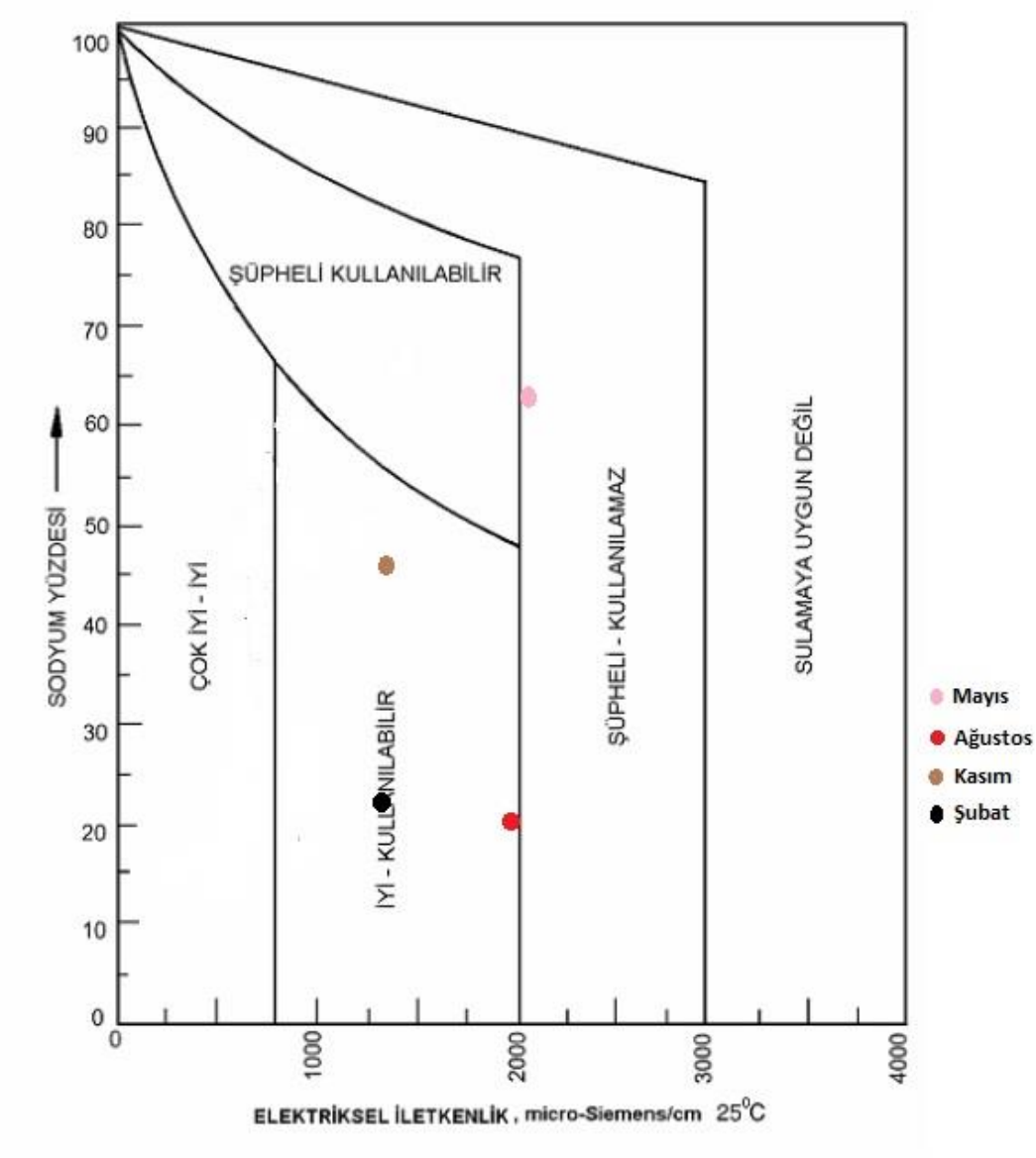
EK 11 Uğurlu (11) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



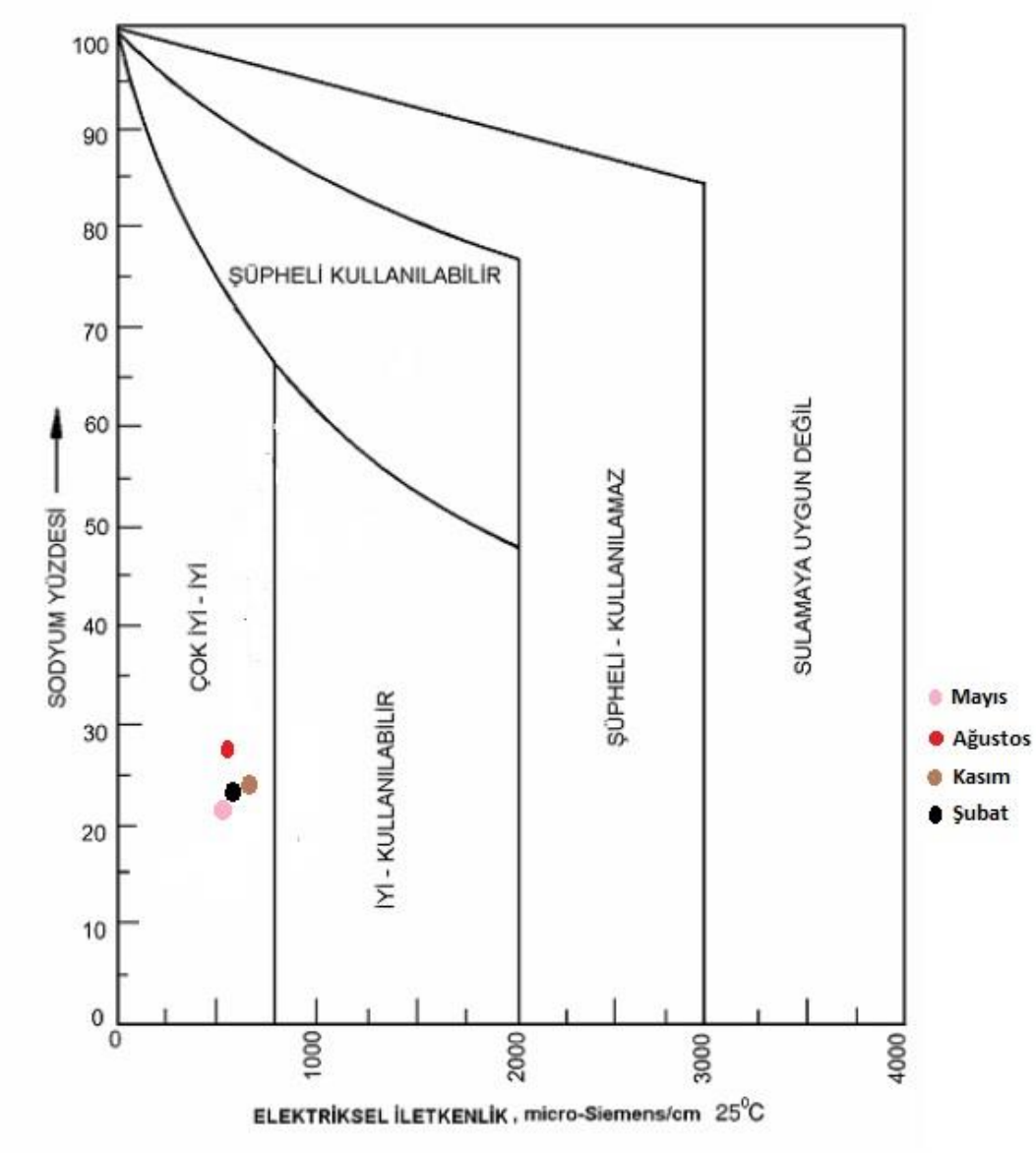
EK 12 Ozanlar(12) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



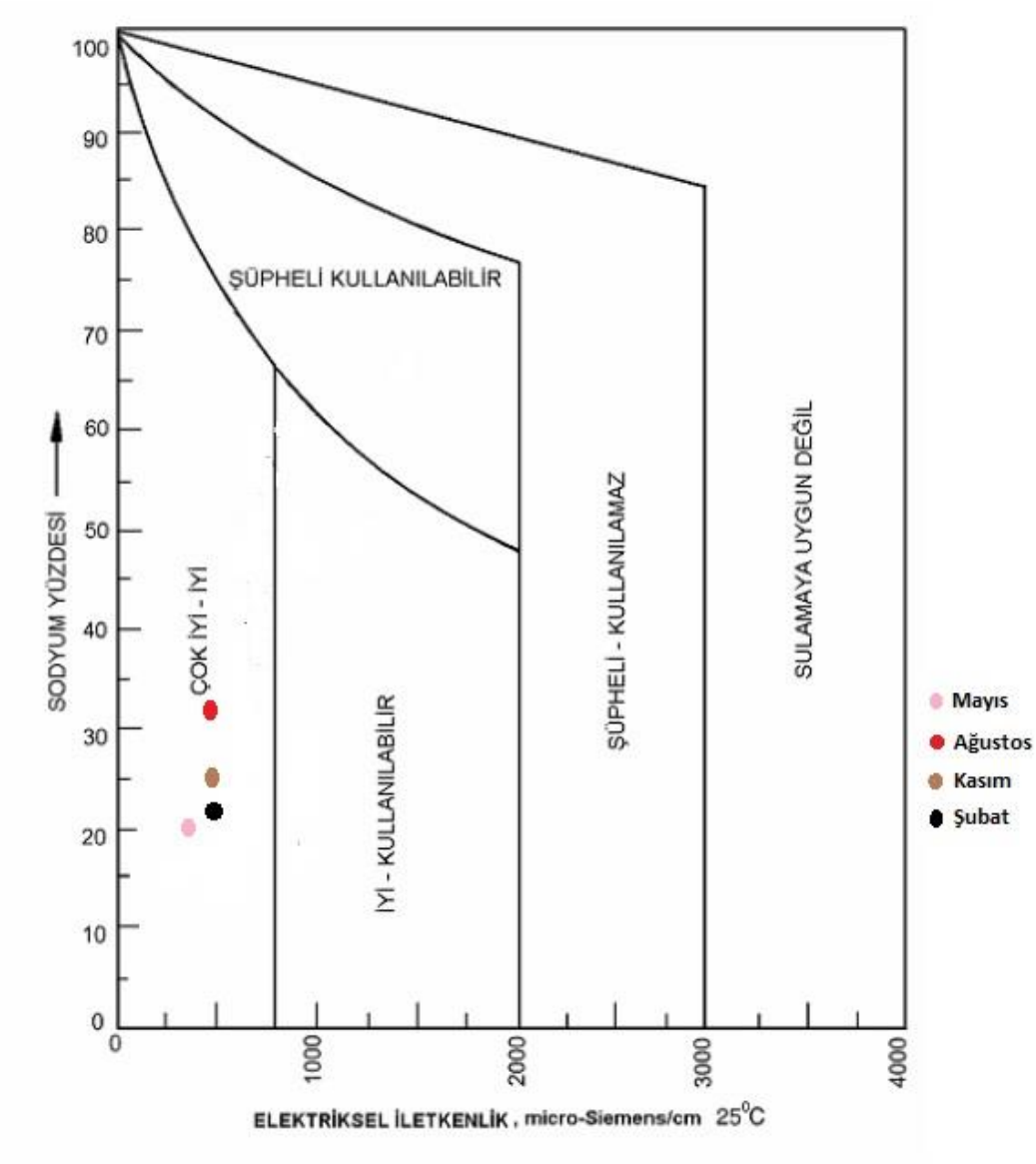
EK 13 Keçikıran(13) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



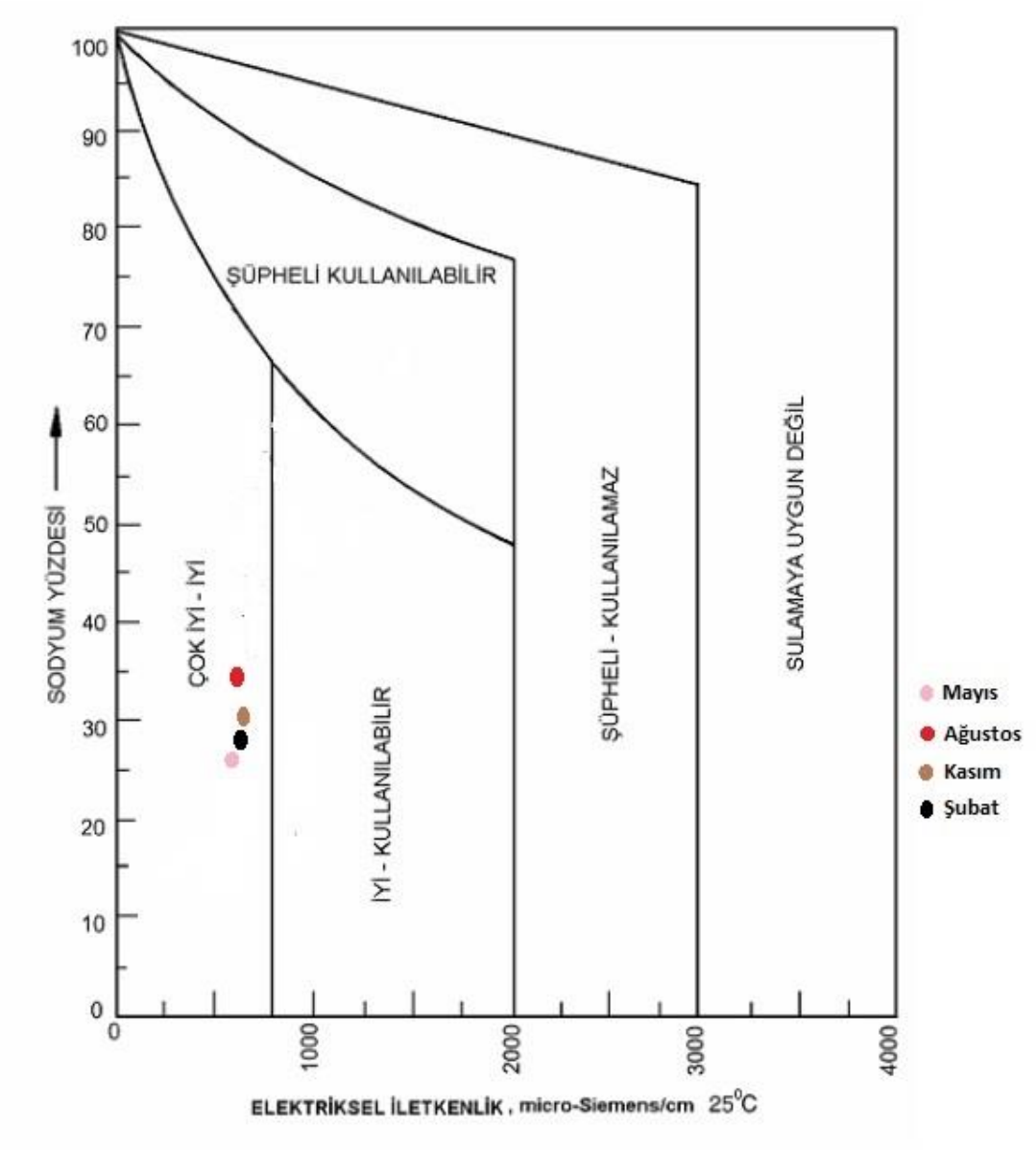
EK 14 Kızıldoruç(14) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



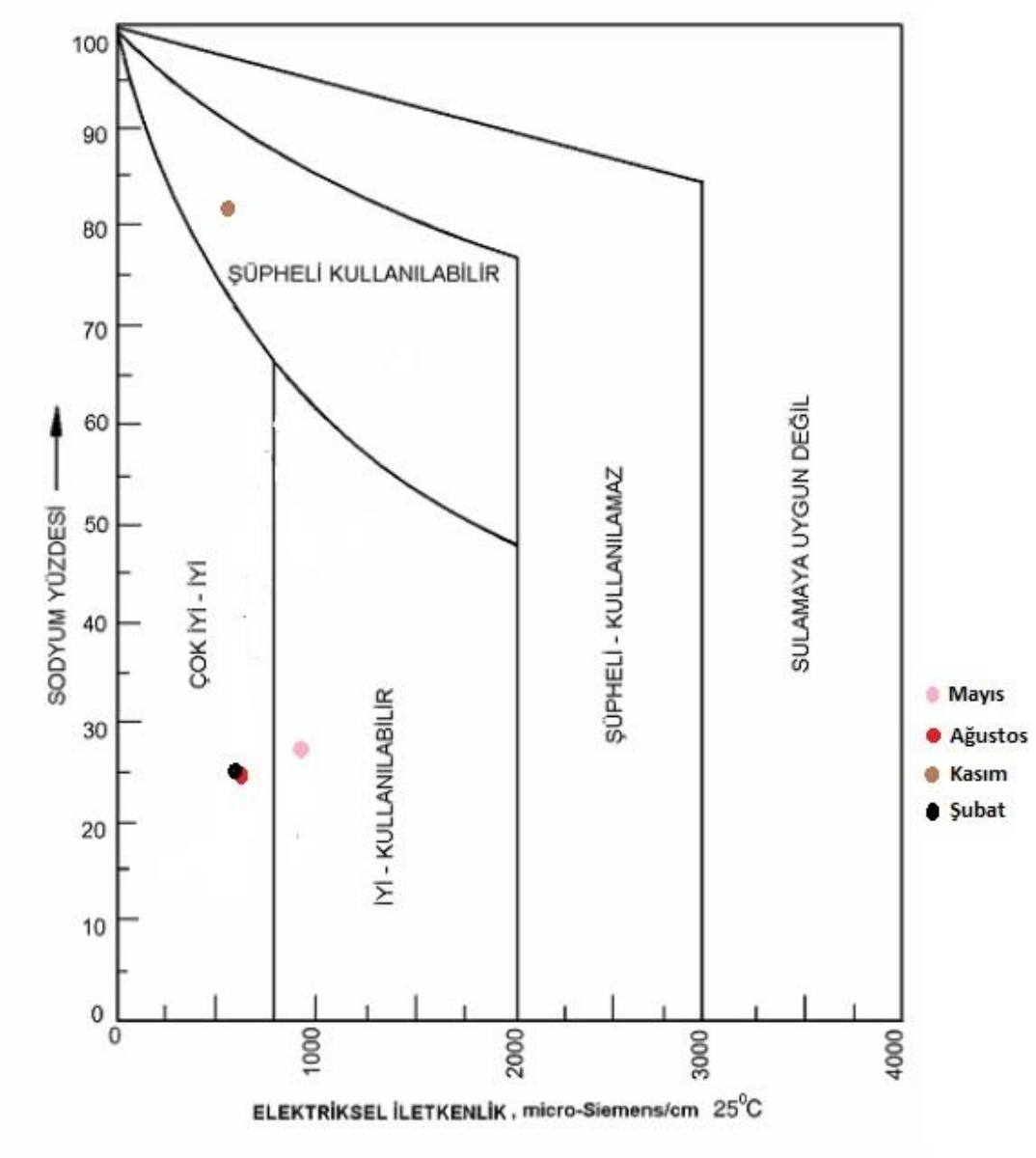
EK 15 Yardımlı(15) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



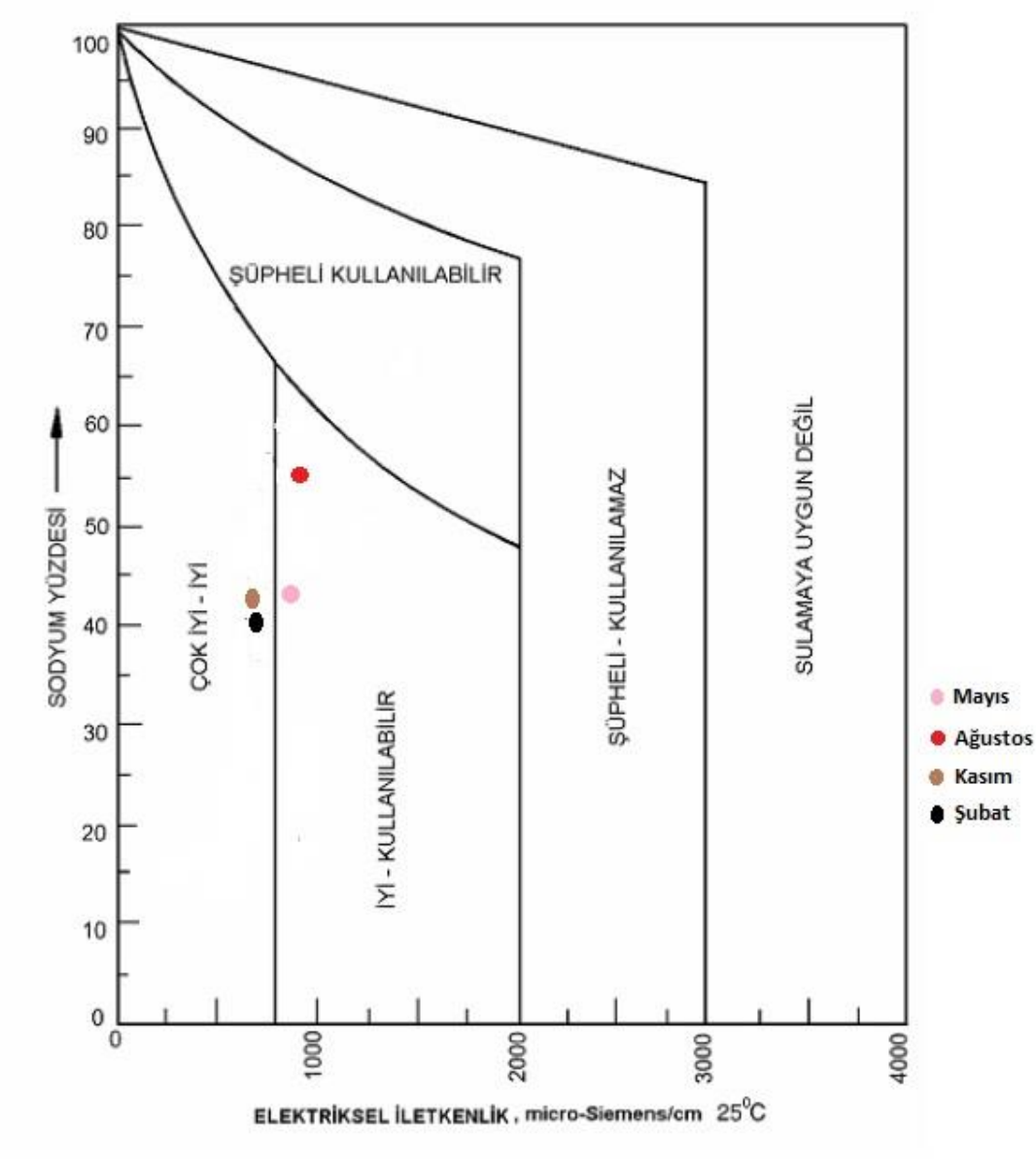
EK 16 Özlü (16) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



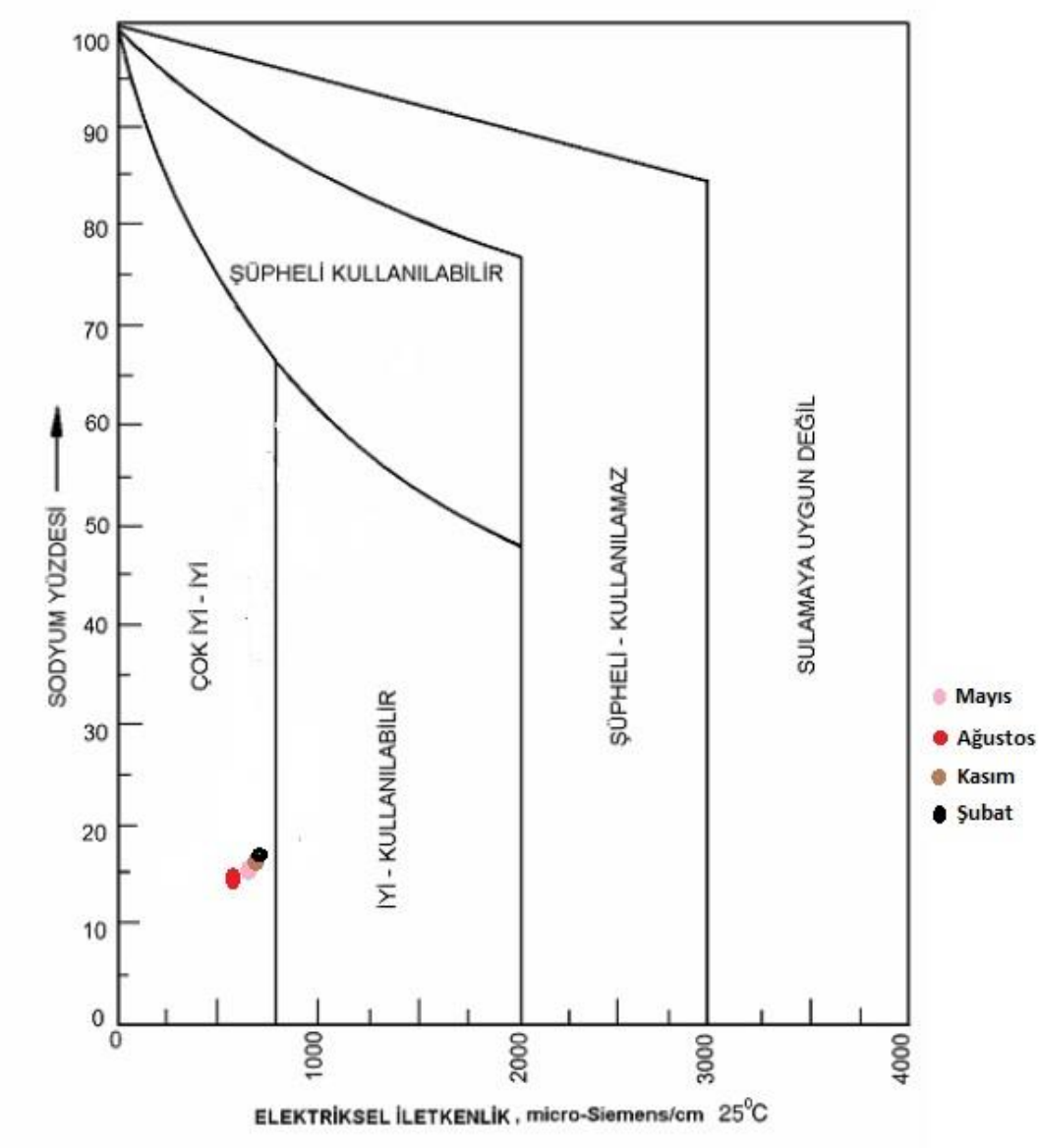
EK 17 Olgunlar (17) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



EK 18 Yaygılı(18) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



EK 19 Uğraklı (19) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı



EK 20 Bolatlar (20) örnekleme noktası mevsimsel Wilcox diyagramı