

**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HARRAN OVASI DERİN AKİFERİNİN  
BAZI SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**İbrahim YENİGÜN**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2009**

Doç. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR danışmanlığında, Çevre Mühendisi İbrahim YENİGÜN'ün hazırladığı “Harran Ovası Derin Akiferinin Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi” konulu çalışma 03/08/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR

Üye: Doç. Dr. Ahmet KILIÇ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Erkan ŞAHİNKAYA

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

**Prof.Dr. İbrahim BOLAT**  
Enstitü Müdürü

**Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.**  
Proje No:875

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5486 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	10
1.2. Çalışma Alanının Konumu	10
1.3. Çalışmanın Önemi	12
1.4. Çalışma Alanında Önemli Sorunlar	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Çalışma alanının genel durumu	21
3.1.2. Örnek alınan kuyular	23
3.1.3. Jeoloji ve Hidrojeoloji	26
3.1.3.1. Jeoloji	26
3.1.3.2. Hidrojeoloji	27
3.1.4. Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar	30
3.1.5. Çalışmada kullanılan yazılımlar	33
3.2. Yöntem	36
3.2.1. Ölçülen ve analiz edilen parametreler	36
3.2.2. Örneklerin alınması ve korunması	36
3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları	38
3.2.3.1. İnsani tüketim amaçlı suların sınıflamaları	38
3.2.3.2. Sulama suyu sınıflamaları	49
3.2.3.3. Hidrokimyasal fasiyes sınıflamaları	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	58
4.1. Örnekleme Noktası 01 Şanlıyağ	58
4.1.1. Kuyu profili	58
4.1.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	59
4.1.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	60
4.1.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	60
4.1.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	61
4.2. Örnekleme Noktası 02 Uğurlu	61
4.2.1. Kuyu profili	61
4.2.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	61
4.2.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	63
4.2.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	63
4.2.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	64
4.3. Örnekleme Noktası 03 Yardımcı	64
4.3.1. Kuyu profili	64
4.3.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	64
4.3.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	66
4.3.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	66
4.3.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	67
4.4. Örnekleme Noktası 04 Baykuş	67
4.4.1. Kuyu profili	67
4.4.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	67
4.4.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	69
4.4.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	69
4.4.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	70
4.5. Örnekleme Noktası 05 Tahılan	70
4.5.1. Kuyu profili	70

4.5.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	70
4.5.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	72
4.5.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	72
4.5.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	73
4.6. Örneklemeye Noktası 06 İmam Bakır	73
4.6.1. Kuyu profili	73
4.6.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	73
4.6.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	75
4.6.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	75
4.6.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	76
4.7. Örneklemeye Noktası 07 Bellitaş	76
4.7.1. Kuyu profili	76
4.7.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	76
4.7.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	78
4.7.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	78
4.7.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	79
4.8. Örneklemeye Noktası 08 YİBO	79
4.8.1. Kuyu profili	79
4.8.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	79
4.8.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	81
4.8.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	81
4.8.5. Hidrojeokimyasal sınıflandırılması	82
4.9. Örneklemeye Noktası 09 Altuntepe	82
4.9.1. Kuyu Profili	82
4.9.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	82
4.9.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	84
4.9.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	84
4.9.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	85
4.10. Örneklemeye Noktası 10 Çiçekli	85
4.10.1. Kuyu profili	85
4.10.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	85
4.10.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	87
4.10.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	87
4.10.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	88
4.11. Örneklemeye Noktası 11 Osmanbey	88
4.11.1. Kuyu profili	88
4.11.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi	88
4.11.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması	90
4.11.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması	90
4.11.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması	91
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	92
5.1. Sonuçlar	92
5.2. Öneriler	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	99
ÖZET	100
SUMMARY	101
EKLER	102

## ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

### HARRAN OVASI DERİN AKİFERİNİN BAZI SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

İbrahim YENİGÜN

Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR  
Yıl:2009, Sayfa:102

Ülkemizde nüfus, sanayileşme, tarım ve turizm faaliyetleri her geçen yıl daha da artmaktadır. Bu faktörlerin artışıyla birlikte yüzey suyunun yanı sıra yeraltısuyunun da kullanımında artış görülmektedir. Yeraltı sularının değişik faaliyet ve amaçlar için kullanımı, yeraltısuyunun miktar açısından kontrolünün yanı sıra kalite açısından da izlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Yeraltı sularının hidrojeokimyasal ve kirlilik açısından değerlendirilmesi, yorumu, kontrolü ve izlenmesi için genelde gözlem kuyularından kimyasal analiz amaçlı örnek alımı gerçekleştirilmelidir.

Bu tez çalışmasıyla, Kasım 2008 – Temmuz 2009 tarihleri arasında aylık olarak, Harran Ovasında temsil edici onbir örnekleme kuyusunun  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  parametreleri analiz edilmiştir. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) parametreleri arazide ölçülmüştür. Toplam sertlik, sodyum absorpsiyon oranı (SAR), %Na hesaplanarak elde edilmiştir. Çalışmanın analiz ve ölçüm sonuçları, içme suyu kalitesi (ulusal ve uluslararası), tarımsal sulama suyu kalitesi ve hidrojeokimyasal fasiyes açısından sınıflamalara tabi tutulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELER:** Derin akifer, Yeraltısuyu kalitesi, Kirlenme, Harran Ovası

## ABSTRACT

MSc Thesis

### DETERMINATION OF THE SOME WATER QUALITY PARAMETERS OF DEEP AQUIFER OF THE HARRAN PLAIN

İbrahim YENİGÜN

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR  
Year:2009, Page:102

Population, industrialization, agriculture, and tourism activities grow more and more in the past years in our country. Beside surface water usage, increasing of groundwater usage is seen along with the increasing of these factors. Usage of the groundwaters for different activities and purposes bring up the matter that quality monitoring of the groundwaters is indispensable besides quantity monitoring. Water sampling for chemical analyses from observation wells should be carried out in order to evaluate, interpret, control and monitor of groundwater quality for the hydrochemical and contamination evaluations.

In this thesis, groundwater samples taken from eleven representative sampling wells in the deep aquifer of Harran Plain for concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  were analyzed during November 2008- July 2009 monthly. Values of temperature, pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS) were measured in situ. Total hardness, sodium absorption ratio (SAR), and Na% values were calculated. Results of the analyses and measurements of the study were subjected to the classifications with regard to drinking water quality (national and international level), irrigation water quality and hydrochemical facies

**KEY WORDS:** Deep aquifer, Ground water quality, Contamination, Harran Plain

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans danışmanım Sayın Doç.Dr. M. İrfan YEŞİLNACAR' a, gülyüzü ve ilgisi için Yrd. Doç Dr. Erkan ŞAHİNKAYA'ya, laboratuvar çalışmalarındaki destekleri için Arř. Gör. Deniz UÇAR'a ve Çev. Müh. Gamze KADİRAĞAGİL'e, tez konusu oluşumu dönemindeki tecrübe ve yardımlarından dolayı Çev. Yük. Müh. Muhsin NAZ'a, tezin son dönem oluşumundaki üstün gayret ve desteklerinden dolayı İnşaat ve Çevre Mühendisliği Öğrencisi Uđur ÜLGEN'e, son olarak hayatım boyunca bir an bile desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Yeraltı suyu kirliliğinde bazı potansiyel kaynaklar	6
Şekil 1.2.	Çalışma alanının konumu	11
Şekil 1.3.	Çalışma alanı fiziki haritası	12
Şekil 1.4.	Dünyadaki su dağılımı	13
Şekil 1.5.	1995-2008 yılları arasında Harran Ovası'na verilen su ve sulanan alanlar	17
Şekil 1.6.	Gözlem kuyularındaki YASS'nin yıllara göre ortalama değişimi	18
Şekil 3.1.	Yağışların mevsimsel dağılımı	21
Şekil 3.2.	GAP'da sulanabilir alanların alt projelere dağılımı	22
Şekil 3.3.	GAP'da su tüketiminin alt projelere dağılımı	22
Şekil 3.4.	GAP'da aylık su tüketim oranları	23
Şekil 3.5.	Çalışma alanı örnekleme kuyularının lokasyon ve güzergah haritası (İsimli)	24
Şekil 3.6.	Ovanın genel görünümü ve kuyuların yerlerini gösteren uydu görüntüsü	25
Şekil 3.7.	Çalışma alanı basitleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	28
Şekil 3.8.	Çalışma alanı jeoloji haritası ve en kesiti	29
Şekil 3.9.	Magellan marka meridian platinum el tipi gps aleti ve bilgisayar veri aktarımı	30
Şekil 3.10.	Spectroquant NOVA 60 fotometre	30
Şekil 3.11.	Jenway türbidimetre	31
Şekil 3.12.	Varian marka alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazı	31
Şekil 3.13.	Mettler marka EC, TDS, Sıcaklık ölçüm cihazı	32
Şekil 3.14.	Mettler marka pH ölçüm cihazı	32
Şekil 3.15.	TrackMaker yazılımının ekran görüntüsü	34
Şekil 3.16.	RockWare Aq.QA 1.1 (1.1.4.1) yazılımının ekran görüntüsü	35
Şekil 3.17.	Örnek bir Schoeller diyagramı	40
Şekil 3.18.	Karbondioksitin ve sertliğe neden çözünür bileşiklerin kaynağı	48
Şekil 3.19.	Örnek bir Wilcox diyagramı	52
Şekil 3.20.	Örnek bir ABD tuzluluk diyagramı	54
Şekil 3.21.	Örnek bir Piper diyagramı	56
Şekil 3.22.	Örnek bir yarı logaritmik schoeller diyagramı	57
Şekil 4.1.	01 Şanlıyağ örnekleme noktası ve örnek alımı	58
Şekil 4.2.	02 Uğurlu örnekleme noktası ve örnek alımı	61
Şekil 4.3.	03 Yardımcı örnekleme noktası ve örnek alımı	64
Şekil 4.4.	04 Baykuş örnekleme noktası ve örnek alımı	67
Şekil 4.5.	05 Tahılan örnekleme noktası ve örnek alımı	70
Şekil 4.6.	06 İmam Bakır örnekleme noktası ve örnek alımı	73
Şekil 4.7.	07 Bellitaş örnekleme noktası ve örnek alımı	76
Şekil 4.8.	08 YİBO örnekleme noktası ve örnek alımı	79
Şekil 4.9.	09 Altuntepe örnekleme noktası ve örnek alımı	82
Şekil 4.10.	10 Çiçekli örnekleme noktası ve örnek alımı	85
Şekil 4.11.	11 Osmanbey örnekleme noktası ve örnek alımı	88



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 1.1. Arazi kullanım kategorilerine göre yeraltı suyu kirlilik kaynakları	2
Çizelge 1.2. YAS kirliliğinde potansiyel kaynaklar	7
Çizelge 1.3. Küresel su dağılımını gösteren bir tahmin	14
Çizelge 1.4. Akçakale sulamasında taban suyu düzeyleri en yüksek olduğu anlar	15
Çizelge 1.5. Akçakale sulamasında taban suyu düzeyleri ve en düşük olduğu anlar	16
Çizelge 1.6. Akçakale’de sulamanın en yoğun olduğu ayda taban suyu düzeyleri	16
Çizelge 3.1. Uzun yıllar yağış ve sıcaklık ortalaması	21
Çizelge 3.2. Kullanılan ekipmanlar, arazide ve laboratuarda ölçülen parametreler	37
Çizelge 3.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası bu çalışmada ölçülen Parametrelerin sınır değerlerinin karşılaştırılması	41
Çizelge 3.4. TDS’ye göre suların sınıflaması	43
Çizelge 3.5. Suların sertliklerine göre sınıflaması..	46
Çizelge 4.1. 01 Şanlıyağ örnekleme noktası	59
Çizelge 4.2. 01 Şanlıyağ örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	60
Çizelge 4.3. 02 Uğurlu örnekleme noktası	62
Çizelge 4.4. 02 Uğurlu örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	63
Çizelge 4.5. 03 Yardımcı örnekleme noktası	65
Çizelge 4.6. 03 Yardımcı örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	66
Çizelge 4.7. 04 Baykuş örnekleme noktası	68
Çizelge 4.8. 04 Baykuş örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	69
Çizelge 4.9. 05 Tahılan örnekleme noktası	71
Çizelge 4.10. 05 Tahılan örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	72
Çizelge 4.11. 06 İmam Bakır örnekleme noktası	74
Çizelge 4.12. 06 İmam Bakır örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	75
Çizelge 4.13. 07 Bellitaş örnekleme noktası	77
Çizelge 4.14. 07 Bellitaş örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	78
Çizelge 4.15. 08 YİBO örnekleme noktası	80
Çizelge 4.16. 08 YİBO örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	81
Çizelge 4.17. 09 Altuntepe örnekleme noktası	83
Çizelge 4.18. 09 Altuntepe örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	84
Çizelge 4.19. 10 Çiçekli örnekleme noktası	86
Çizelge 4.20. 10 Çiçekli örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	87
Çizelge 4.21. 11 Osmanbey örnekleme noktası	89
Çizelge 4.22. 11 Osmanbey örnekleme noktası içme suyu kalitesi sınıflamaları	90

## 1. GİRİŞ

Canlılar yaşayabilmeleri için gerekli suyu, yeryüzünden (akarsu, göl, deniz v.b.) veya kayaçların boşluk yada çatlaklarında toplanan sulardan sağlar. Yüzeysel suların bulunmadığı bölgelerde yeraltı suyundan (YAS) yararlanma yoluna gidilmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Dünyanın her yerinde insanlar tarih boyunca yeraltı sularını içme suyu kaynağı olarak kullanmışlardır. Bugün bile dünya nüfusunun yarısından fazlası hayatını sürdürmek için yeraltı suyuna bağımlıdır (UNESCO, 1992).

Yeraltı suyu genel olarak yüzeyden daha aşağıda; su tablasının altındaki doymuş zemin veya jeolojik formasyon içinde bulunan su olarak tanımlanır (Freeze and Cherry, 1979). Başka bir deyişle yeraltı suyu, yeraltındaki geçirimli jeolojik ortamın doymuş bölgesinde bulunan kuyuları, kaynakları ve akarsu, göl, deniz gibi kütlelerini besleyen sudur.

Doğal haldeki yeraltı suları genellikle iyi kalitelidir ve çok fazla arıtma işlemi gerektirmezler. Ayrıca yeraltı suları kullanım noktalarına yakın olduğunda, pompaj ve dağıtım maliyetleri azalmakta ve ucuz olarak kullanıma sunulmaktadır. Yeraltı sularının su teminine yönelik tercih edilen kaynak olmasının diğer sebepleri ise, geniş bir alana yayılmış, stabil ve güvenilir olmasıdır.

Yeraltı suyu doğal kaynaklar veya çeşitli insan aktiviteleri sonucu kirlenmeye başlayabilir. Yeraltı suyu kirliliği, yeraltı suyunun daha önceleri uygun olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin kullanım için yasaklanacak ölçüde değişikliğe uğramasını ifade etmektedir. Yerleşim alanları, evsel, ticari, endüstriyel ve zirai aktiviteler yeraltı suyu kalitesini etkileyebilir (Zaporozec and Miller, 2000).

**YAS kirlenme kaynakları:** Yeraltı suyu doğal kaynaklar veya sayısız tipteki insan aktiviteleri sonucu kirlenmeye başlayabilir. Yerleşim alanları, evsel, ticari, endüstriyel ve zirai aktiviteler yeraltı suyu kalitesini etkileyebilir. Kirleticiler; endüstriyel atık depolama gibi toprak yüzeyinde bulunan aktivitelerden veya kaynağı toprak yüzeyi altında fakat su tablasının üzerinde bulunan septik sistemler gibi aktivitelerden veya su tablasının altındaki kuyular yada kirli su beslenmesinden dolayı yeraltı suyuna ulaşabilir. Atmosfer ve yüzey suları kirliliği konusunda bazı bilinçlenmeler olsa da bu konudaki aktiviteler henüz yeraltı

ortamına yansımamıştır (Freeze and Cherry, 1979). Çizelge 1.1’de yeraltı suyu kirlilik kaynakları arazinin kullanım durumuna bağlı olarak sınıflandırılarak verilmiştir. Çizelge 1.2’de ise YAS kirliliğinin potansiyel kaynakları özetlenmiştir. Şekil 1.1’de ise yeraltı suyu kirleticilerin potansiyel kaynaklarından yaygın olanlar verilmektedir.

**Çizelge 1.1.** Arazi kullanım kategorilerine göre potansiyel yeraltı suyu kirlilik kaynakları (U.S.EPA, 1993; Nas ve ark., 2004)

<b>Kategori</b>	<b>Kirletici Kaynağı</b>	
<b>Zirai</b>	Hayvan gömme alanları	Gübre yayılan alanlar/çukurlar
	Gübre depolama/kullanım	Pestisid depolama/kullanım
	Sulama alanları	
<b>Ticari</b>	Havaalanları	Mücevher/metal kaplama
	Otomobil tamir atölyeleri	Çamaşırhaneler
	İnşaat alanları	Tıbbi kurumlar
	Otomobil yıkama	Boya imalathaneleri
	Mezarlıklar	Fotoğrafçılık tesisleri
	Kuru temizleme	Demiryolu rayları
	Gaz istasyonları	Araştırma laboratuvarları
	Golf sahaları	Atık biriktirme alanları
	Depolama tankları	
<b>Endüstriyel</b>	Asfalt tesisleri	Petrol üretimi/depolama
	Kimyasal üretimi/depolama	Boru hatları
	Elektronik üretimi	Septik lagünleri/çamur alanları
	Dökümhane/metal fabrikaları	Depolama tankları
	Makine/metal işleme tesisleri	Toksik ve tehlikeli dökülmeler
	Madencilik/maden ocağı drenajı	Kuyular (işletilen/kapatılmış) Ahşap koruma işlemleri
<b>Yerleşim alanları</b>	Fuel oil	Septik sistemler/lağımalar
	Mobilya yenileme	Kanalizasyon hatları
	Evsel tehlikeli ürünler	Yüzme havuzları
<b>Diğer</b>	Tehlikeli atık deponileri	Geri kazanım tesisleri
	Yakma tesisleri	Yol bakım depoları
	Katı atık deponileri	Taşkın suyu drenajı
	Kanalizasyon şebekeleri	Transfer istasyonları

**Doğal kaynaklar:** Demir, mangan, klorür, florür, sülfat gibi bazı maddeler kayalarda ve toprakta doğal olarak bulunup yeraltı suyunda çözülmüş olarak bulunabilirler. Doğal olarak var olan diğer bir madde olan bozunmuş organik maddeler ise yeraltı suyuna partikül olarak taşınabilir. Bu maddelerin yeraltı suyunda olup olmadığı yerel şartlara bağlıdır. Bu maddelerin bazıları eğer aşırı miktarlarda alınırlarsa sağlık tehlikesi oluştururlarken, diğerleri istenmeyen koku, tat ve renk oluşturabilir. Bu maddeleri içeren yeraltı suyu genelde içme suyu ve diğer evsel amaçlar için kullanılmaz ya da bu maddeler arıtdıktan sonra kullanılabilir (U.S.EPA, 1993).

**Septik sistemler:** Yeraltı suyu kirliliğinde septik sistemler önemli kaynaklardan biridir. Her bir septik sistem tek başına yeraltına nispeten küçük miktarda atık bıraksa da, bu sistemlerin yaygın olarak kullanılması halinde ciddi bir kirlilik kaynağıdır. Septik sistemlerin yer seçimi, dizaynı, inşası veya bakımı uygun yapılmadığı takdirde bakteriler, virüsler, nitratlar, deterjanlar, yağlar ve kimyasallar ile yeraltı suyunu kirletebilir. Bazı ülkelerde yerel yasal düzenlemelerde içme suyu kuyuları ile septik sistemler arasında belli bir mesafenin bırakılması istenilmektedir. Uygun mesafenin bulunması için bilgisayar programları da geliştirilmiştir.

**Tehlikeli atıkların uzaklaştırılması:** Tehlikeli atıklar daima uygun bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. Yağlar (yemek ve motor yağı), bahçe kimyasalları, boya ve boya inceltici kimyasallar, dezenfektanlar, ilaçlar, fotoğraflarla ilgili kimyasallar ve yüzme havuzu kimyasallarının evsel septik sistemlerde nihai uzaklaştırılması yapılmamalıdır. Benzer şekilde, endüstriyel proseslerde kullanılan birçok madde iş yerlerinde kanalizasyon ile uzaklaştırılmamalıdır, çünkü içme suyu kaynaklarını kirletebilirler. Şirketler kimyasalların doğru kullanımı ve uzaklaştırılması konusunda işçilerini eğitmelidir. Endüstriyel alanlarda kullanılan çok farklı özelliklerde ve önemli miktardaki kimyasallarının uygun bir şekilde uzaklaştırılması özellikle yeraltı suyunun korunması için önemlidir.

**Kimyasal depolama ve yayılmaları:** Yeraltındaki ve yerüstündeki depolama tankları kimyasal depolama için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı evlerde ısıtma amaçlı yer altı yakıt tankları olabilmektedir. Birçok işyerinde fuel oil, dizel, benzin veya diğer

kimyasalları tank içinde depolanmaktadır. Endüstriler, endüstriyel proseslerde kullandıkları kimyasal maddeleri veya tehlikeli atıklarını depolamak için tanklar kullanmaktadırlar. Bu depolama tanklarında oluşabilecek sızıntılar sonucunda toprağa ve yeraltı suyuna kimyasal madde karışması ve yeraltı suyunun kirlenmesi söz konusu olabilir. Terkedilmiş yeraltı tankları da problemler yaratır çünkü onların lokasyonları genelde bilinmemektedir. Tankerler ve tren vagonları da kimyasal naklinde olan kazalardan dolayı tehlike oluşturmaktadırlar.

**Deponi sahaları:** Evsel, endüstriyel ve tehlikeli katı atıkların uzaklaştırıldığı deponi sahalarında kimyasal maddeler yağış ve yüzey akışı ile yeraltı suyuna ulaşabilirler. Yeni inşa edilecek deponi sahalarının zemini kil veya sentetik malzemelerle kaplanmalı ve sızıntı suyu toplama sistemleri inşa edilerek yeraltı suyu korunmalıdır. Eski katı atık deponi sahalarının çoğunda bu sızdırmazlık önlemleri alınmadığından geçirgen bir zeminde yer alması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bir akiferin üzerinde olması durumunda sızıntı suları yeraltı suyunu kirletecektir. Kapatılmış deponi sahaları da yeraltı suları için tehdit olabilmektedir.

**Kanalizasyon ve diğer boru hatları:** Organik madde, inorganik tuzlar, ağır metaller, bakteri, virüs, azot gibi kirleticileri içeren kanalizasyon borularından atıksu sızması veya kimyasal madde yada korozyona neden olan maddeleri taşıyan boru hatları da, taşınım esnasındaki korozyona bağlı olarak oluşan sızmalardan dolayı yeraltı suyu kirlenebilir.

**Pestisid ve gübre kullanımı:** Tarımsal alanlarda ülkemizde çok yoğun bir şekilde kullanılan gübreler ve pestisidler toprağı ve yeraltı suyunu kirlitebilirler. Bazı pestisidler toprakta ve suda birkaç aydan birkaç yıla kadar kalabilmektedir. Yeraltı suyu kirliliğinde bir diğer potansiyel kaynak hayvan çitliklerinden kaynaklanan hayvan atıklarıdır ve bu atıklar yeraltına sızabilmektedir. Çiftliklerdeki atıklar düzenli olarak uzaklaştırılmalıdır.

**Uygun inşa edilmemiş kuyular:** Bazı problemler uygun inşa edilmemiş kuyularla ilişkilidir ve kirlenmiş yüzeysel veya yeraltı suyunun kuyuya girişi ile yeraltı suyu kirliliği gerçekleşebilir. Aşağıda kuyu tipleri ve potansiyel yer altı suyu kirlilik kaynakları verilmiştir.

**Drenaj kuyuları:** Bunlar suyun fazla olduğu, yağmurlu alanlarda suyun bir kısmını uzaklaştırmak ve daha derinlerdeki toprağa taşınımını sağlamak için kullanılırlar. Bu kuyular zirai kimyasallar ve bakteriler içerebilir.

**Enjeksiyon kuyuları:** Bunlar genelde tehlikeli ve tehlikeli olmayan endüstriyel atıkların uzaklaştırılmasında kullanılırlar. Derinlikleri birkaç yüzden birkaç bin metreye kadar değişebilmektedir. Eğer düzenli bir şekilde tasarlanır ve kullanılırlarsa atıkların etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlarlar. Fakat kuyu direk olarak akifer üzerine yerleşmiş veya kuyuda kirleticilerin sızması söz konusu ise veya çevresindeki kaya formasyonlarında çatlak var ise enjeksiyon kuyularından yeraltı suyuna istenmeyen atıklar girebilir.

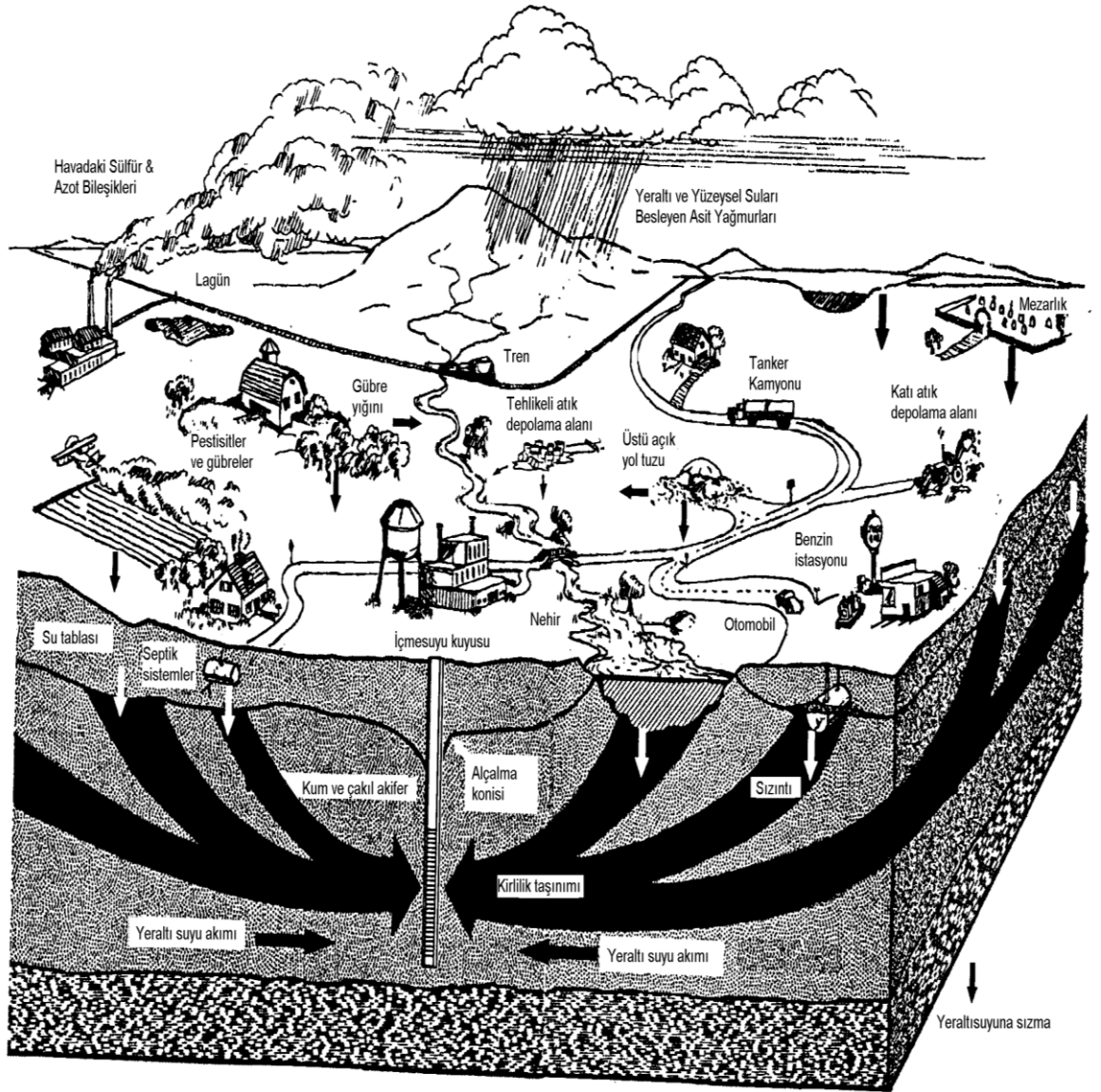
**Uygunsuz şekilde terk edilmiş kuyular:** Bazı insanlar kullanılmış motor yağı gibi atıkların uzaklaştırılmasında terk edilmiş kuyuları kullanabilmektedir. Bu kuyular içme suyu temini için kullanılan kuyularla aynı akiferi kullanıyor olabilir. Terkedilmiş araştırma kuyuları da (gaz, petrol, kömür) genelde kapatılmadığından kirleticilerin taşınımında bir potansiyeldirler.

**Aktif içmesuyu temini kuyuları:** Kötü bir şekilde inşa edilmiş iseler yer altı suyu kirliliğine neden olabilirler. Yüzey akışı, hayvan çiftlikleri ve septik sistemlerden gelen atıklar bu durumda kirletici kaynakları olabilir.

**Kötü inşa edilmiş sulama kuyuları:** Bu kuyular da kirleticilerin yeraltı suyuna girişine izin verebilmektedir. Pestisidler ve gübreler tarım alanlarındaki kuyuların yakın çevresinde sıkça uygulanmaktadır.

**Yollarda buzlanmayı önleme:** Kış aylarında yollardaki buzlanmayı engellemek için tuz uygulaması bazı bölgelerde sıkça uygulanabilmektedir. Yağmurla ve erimeyle birlikte bu tuzlar toprağa ardından da yeraltı suyuna ulaşabilirler.

**Madencilik çalışmaları:** Madencilik çalışmaları sonucu metal, asit, mineral ve sülfid atıkları ve madenlerin kurutulması için yapılan pompalama işlemi sonucu kirleticinin yeraltı suyuna karışması, yeraltı suyu kirliliğine neden olur.



Şekil 1.1. Yeraltı suyu kirliliğinde bazı potansiyel kaynaklar (U.S.EPA 1993; Nas ve ark., 2004; Yeşilnacar ve ark., 2007)

Çizelge 1.2. YAS kirliliğinde potansiyel kaynaklar (US.EPA,1993; Nas ve ark., 2004)

KAYNAK	SAĞLIK, ÇEVRESEL VEYA ESTETİK KİRLİLİK
<p><b>DOĞAL OLUŞUM KAYNAĞI</b> Kayalar ve topraklar</p> <p>Kirlenmiş Su Organik madde parçalanması Jeolojik radyoaktif gaz Doğal hidrojeolojik olaylar ve oluşumlar</p> <p><b>ZİRAİ KAYNAKLAR</b> Hayvan besleme ve gömme alanları</p> <p>Gübre dökülen alanlar ve depolama çukurları Çiftlik atıklarını uzaklaştırma alanları Hasat alanları ve sulama yerleri</p> <p>Kimyasal depolama alanları ve konteynırlar Tarım makinaları alanları Tarımsal drenaj kuyuları, kanalları</p> <p><b>MESKUN BÖLGE KAYNAKLARI</b> Genel ev bakım ve hobi atıkları</p> <p>Çimenler ve Bahçeler</p> <p>Yüzme havuzları Septik sistemler, foseptikler, atıksu boruları</p> <p>Yer altı depolama tankları Apartmanlar ve villalar</p>	<p><i>Estetik Kirleticiler</i>; Demir ve demir bakterileri; Mangan; Kalsiyum ve magnezyum(Sertlik) <i>Sağlık ve çevresel kirleticiler</i>; arsenik; asbest; metaller; klorür; florür; sülfat; sülfat indirgeyici bakteriler ve diğer mikroorganizmalar Aşırı sodyum; bakteri; virüsler; düşük pH'da(asidik) su Bakteri Radionukleidler (radon ve benzeri) Tuzlu su/hafif tuzlu su girişi;</p> <p>Çiftlik atıkları, nitratlar, fosfatlar, klorür; çiftlik hayvanları üzerinde bakteri, virüs ve mantar hastalıklarının ve böcek kontrolü için kullanılan kimyasallar, koliform ve koliform olmayan bakteriler, virüsler Çiftlik atıkları, nitratlar</p> <p>Çiftlik atıkları, nitratlar</p> <p>Pestisitler, gübreler, kimyasal uygulayan makinelerden motor yağı ve benzin Pestisit ve gübre kalıntıları</p> <p>Otomotiv atıkları, kaynak atıkları Pestisitler, gübreler, bakteri, tuzlu su <i>Genel ev bakım ürünleri</i>; Ev temizleyiciler, fırın temizleyiciler, kanalizasyon temizleyiciler, tuvalet temizleyiciler, dezenfektanlar, metal parlaticılar, mücevher temizleyiciler, ayakkabı parlaticıları, sentetik deterjanlar, çamaşırsuyu, leke çıkarıcılar, kuru temizleme sıvıları, solventler, kostik soda, böcek ilaçları, fotokimyasallar, yazıcı mürekkebi, diğer yaygın ürünler <i>Duvar ve mobilya bakımı</i>; boyalar, vernikler, lekeler, ahşap koruyucular, boya ve vernik incelticiler ve temizleyiciler, boya fırçası temizleyicileri, tabandan ve mobilyadan boya ve vernik çıkarıcı maddeler <i>Mekanik tamir ve diğer bakım ürünleri</i>; otomotiv atıkları, atık yağlar, dizel yakıt, gaz yağı, gres, garajlar, metal gres temizleyici, asfalt ve katran kaplama, katran temizleyiciler, yağlayıcılar, pas çıkarıcı, araba yıkama deterjanları, araba cilası ve parlaticıları, kaya tuzu, dondurucular Gübreler, bahçe ve çimen bakımı için kullanılan herbisit ve pestisitler Yüzme havuzu bakım kimyasalları Koliform ve koliform olmayan bakteriler, virüsler, nitratlar, ağır metaller, sentetik deterjanlar, yemek ve motor yağları, çamaşır suyu, pestisitler, boyalar, boya incelticiler, fotoğraf kimyasalları, yüzme havuzu kimyasalları, septik tank/lağım çukuru temizleyicileri, yüksek seviyede klor, sülfat, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve fosfat Ev ısıtma yakıtı Yüzme havuzu bakım kimyasalları, hamam böceği, çimen ve bahçe bakımı ve termit, karınca, kemirgen hayvanlar ve diğer zararlıların kontrolü için, pestisitler, yerinde gerçekleştirilen atıksu arıtımından oluşan atıklar, evden oluşan tehlikeli atıklar</p>



Çizelge 1.2. (Devam)

KAYNAK	SAĞLIK, ÇEVRESEL VEYA ESTETİK KİRLİLİK
<b>KENTSEL KAYNAKLAR</b> Okullar ve hükümet binaları  Parklar Sivrisinek, güve, kene, karınca ve diğer zararlı hayvanlar tarafından istila edilmiş yerleşim yerleri Anayol, yol bakım istasyonları ve buz çözme işlemleri Atıksu arıtma tesisi ve kanalizasyon şebekeleri Depolama, arıtma ve uzaklaştırma havuzları, lagünleri Atıksu veya atıksu yan ürünleri uygulanmış araziler  Birleşik sistem kanalizasyon şebekeleri Geri dönüşüm tesisleri Evsel katı atık deponi alanları  Açık veya kapatılmış atık depolama alanları Evsel katı atık yakma fırınları  Su temin kuyuları, izleme kuyuları, eski kuyular, evsel ve hayvansal amaçlı su temini kuyuları, onaysız ve terkedilmiş kuyular ve test kuyuları Drenaj kuyuları Kıyı bölgelerinden kuyu pompajından kaynaklanan tuzlu su girişi Yapay yer altı suyu besleme  <b>TİCARİ KAYNAKLAR</b> Havaalanları, terkedilmiş havaalanları Oto tamir dükkanları  Gemi limanları ve marinalar  Araba servisleri Araba yıkama Kamp yerleri  Mezarlık Kuru temizleme Mobilya tamir ve son işlem dükkanları	Solventler, pestisitler, asitler, alkaliler, atık yağlar, makine/araç bakım atıkları, depolama tanklarından gelen benzin ve yakıtlar, genel bina atıkları Gübreler, herbisitler, böcek öldürücüler Pestisitler  Yol tuzu (sodyum ve kalsiyumklorit), yol boyunca herbisitler, otomotiv atıkları Evsel atıksular, çamur, arıtma kimyasalları  Kanalizasyon atıksuları, nitratlar, diğer sıvı atıklar, mikrobiyal kirleticiler Organik madde, nitrat, inorganik tuzlar, ağır metaller, koliform ve koliform olmayan bakteriler, virüsler, nitratlar, çamurlar, tehlikeli olmayan atıklar Evsel atıksular, çamur, arıtma kimyasalları, kentsel yüzey akışı, benzin, yağ, diğer petrol ürünleri, yol tuzu, mikrobiyal kirleticiler Yerleşim yerlerinden ve ticari alanlardan gelen katı artıkları Sızıntı suyu, organik ve inorganik kimyasal kirleticiler, ev ve işyerlerinden gelen atıklar, nitratlar, yağlar, metaller Organik ve inorganik kimyasallar, metaller, yağlar, ev ve işyerlerinden gelen atıklar Ağır metaller, hidrokarbonlar, formaldehitler, metan, etan, etilen, asetilen, sülfür ve azot bileşikleri Yüzeysel akış, septik tanklardan, lagünlerden akışlar, benzin, kullanılmış motor yağı, yol tuzu  Pestisitler, bakteriler Tuzlu su, aşırı mineralize olmuş su  Sel suyu akışı, aşırı sulama suyu, akarsu akımı, soğutma suyu, arıtılmış atıksu deşarjı, diğer maddeler, örneğin nitratlar, metaller, deterjanlar, sentetik organik bileşikler, bakteri ve virüsleri içerebilen diğer kirleticiler  Jet yakıtları, buz çözücüler, dizel yakıtlar, klorlanmış solventler, otomotiv atıklar, ısıtma yakıtları, bina atıkları Atık yağlar, solventler, asitler, boyalar, otomotiv atıkları, muhtelif kesim yağları Dizel yakıtlar, yağ, gemi atıkları depolama alanlarından gelen atıklar, ahşap koruma ve temizleme kimyasalları, boyalar, cilalar, vernikler, otomotiv atıkları Otomotiv atıkları, atık yağlar, solventler, muhtelif atıklar Sabunlar, deterjanlar, cilalar, muhtelif kimyasallar Septik atık, benzin, botlardan dizel yakıt, zararlıların kontrolü için kullanılan pestisitler Sızıntı suyu, bahçe ve çimenlik bakım kimyasalları Solventler, leke çıkarıcı kimyasallar Boyalar, solventler, giderme ve solvent geri kazanım çamurları

Çizelge 1.2. (Devam)

KAYNAK	SAĞLIK, ÇEVRESEL VEYA ESTETİK KİRLİLİK
<p>Benzin istasyonları Mücevher ve metal kaplama dükkanları Çamaşırhaneler Sağlık kuruluşları</p> <p>Boya dükkanları Fotoğraf dükkanları, fotoğraf işleme laboratuvarları Araştırma laboratuvarları</p> <p>Yer üstü ve yer altı depolama tankları Otogarlar</p> <p><b>ENDÜSTRİYEL KAYNAKLAR</b> Malzeme stoklamaları (Kömür, metalik maden cevherleri, fosfatlar, alçıtaşı) Yerüstü ve yer altı depolama tankları ve konteynırlar Depolama, arıtma ve uzaklaştırma havuzları, lagünler Kimyasal deponi alanları Radyoaktif atık uzaklaştırma alanları</p> <p>İşletilen ve terkedilmiş üretim ve araştırma kuyuları, test kuyuları, izleme kuyuları, kazı kuyuları Kuru kuyular Enjeksiyon kuyuları</p> <p>Kuyu açma işlemleri</p> <p><b>ENDÜSTRİYEL PROSESLER</b> Asfalt tesisleri İletişim araçları üretimi</p> <p>Elektrik ve elektronik ekipmanları üretim ve depolama tesisleri</p> <p>Dökümhaneler ve metal fab.</p> <p>Mobilya üreticileri</p> <p>Makine ve metal işleme dükkanları</p>	<p>Petroller, solventler, muhtelif atıklar Sodyum ve hidrojen siyanid, metalik tuzlar, hidroklorik asit, sülfürik asit, kromik asit, Deterjanlar, çamaşır suları, kumaş boyaları X ışınları, enfekte atıklar, radyolojik atıklar, biyolojik atıklar, asbestler, dezenfektanlar, berilyum, dişçilikle ilgili atıklar, muhtelif kimyasallar Boyalar, boya incelticiler, vernik, diğer ahşap temizleyiciler Bioçamurlar, gümüş çamurlar, siyanitler, muhtelif çamurlar</p> <p>X ışınları, enfekte atıklar, radyolojik atıklar, biyolojik atıklar, dezenfektanlar, asbestler, berilyum, solventler, enfekte madde, haplar, muhtelif kimyasallar Yakıtlar, dizel yakıtlar, benzin, diğer petrol ürünleri, diğer ticari olarak kullanılan kimyasallar Atık yağlar, solventler, taşıtların depolarından ve depolama tanklarından sızan benzin ve dizel yakıtlar, diğer otomotiv atıklar</p> <p>Asit drenajları, diğer tehlikeli ve tehlikeli olmayan atıklar</p> <p>Isıtma yakıtları, dizel ve benzin yakıtlar, diğer petrol ürünleri, diğer tehlikeli olan ve olmayan madde ve atıklar Tehlikeli olan ve olmayan sıvı atıklar, septik atık, çamur,</p> <p>Sızıntı suları, tehlikeli olan ve olmayan atıklar, nitratlar Sağlık tesislerinden kaynaklanan radyoaktif atıklar, elektrik santralleri ve savunma işlemlerinden gelen radyoaktif atıklar, radionükleidler (Uranyum, plütonyum) Metaller, asitler, mineraller, sülfidler, diğer tehlikeli olan ve olmayan kimyasallar</p> <p>Kuyuları kuru tutmak için kuyulardan pompalanan tuzlu su Yüksek toksik kirliliğe sahip atıklar, tehlikeli olan ve olmayan endüstriyel atıklar petrol ve doğal gaz işlemleri ile ilgili tuzlu sular</p> <p>Petrol türevleri Nitrik, hidroklorik ve sülfirik asit atıkları, ağır metal çamurları, kesim yağları ve gres uzaklaştırma için solventler, atık yağlar, korozif lehim akışı, boya çamuru, atık kaplama solüsyonları Siyanitler, metal çamurları, kostik maddeler, solventler, yağlar, asitler, alkaliler, boyalar ve boya çamurları, kalsiyum florid çamurları, metilen klorit, perkloroetilen, trikloroetan, aseton, metanol, toluen, PCBs Boya atıkları, ağır metaller, metal çamurları, kaplama atıkları, yağlar, solventler, patlayıcı atıklar Boyalar, solventler, yağsızlaştırma çamurları, solvent kazanım çamurları Solventler, metaller, muhtelif organikler, çamurlar, yağlı metal tıraşları, makine ve kesme yağı, yağsızlaştırma maddesi, metal işaretleme sıvıları</p>

**Çizelge 1.2. (Devam)**

Atık depolamak için kullanılan terkedilmiş madenler Kağıt üretim tesisleri	Metaller, asitler, mineraller, sülfidler, diğer tehlikeli olan ve olmayan kimyasallar Metaller, asitler, mineraller, sülfidler, diğer tehlikeli olan ve olmayan kimyasallar, organik çamurlar, sodyum hidroksit, klorin, hipoklorit, klordioksit, hidrojen peroksit
Endüstriyel boru hatları	Korozif sıvılar, hidrokarbonlar, diğer tehlikeli olan ve olmayan madde ve atıklar
Plastik madde ve sentetik üreticiler	Solventler, petrol, çeşitli organik ve inorganikler, boya atıkları, siyanitler, asitler, alkaliler, atıksu arıtma çamurları, selüloz esterler, yüzey aktif maddeler, fenoller, formaldehit, peroksitler ve diğerleri
Birincil metal endüstrileri	Ağır metal içeren atıksu arıtım çamurları, atık yağlar, amonyak sıyırıcı sıvılar, alkali temizleyiciler, yağsızlaştırıcı solventler,

### 1.1. Çalışmanın amacı

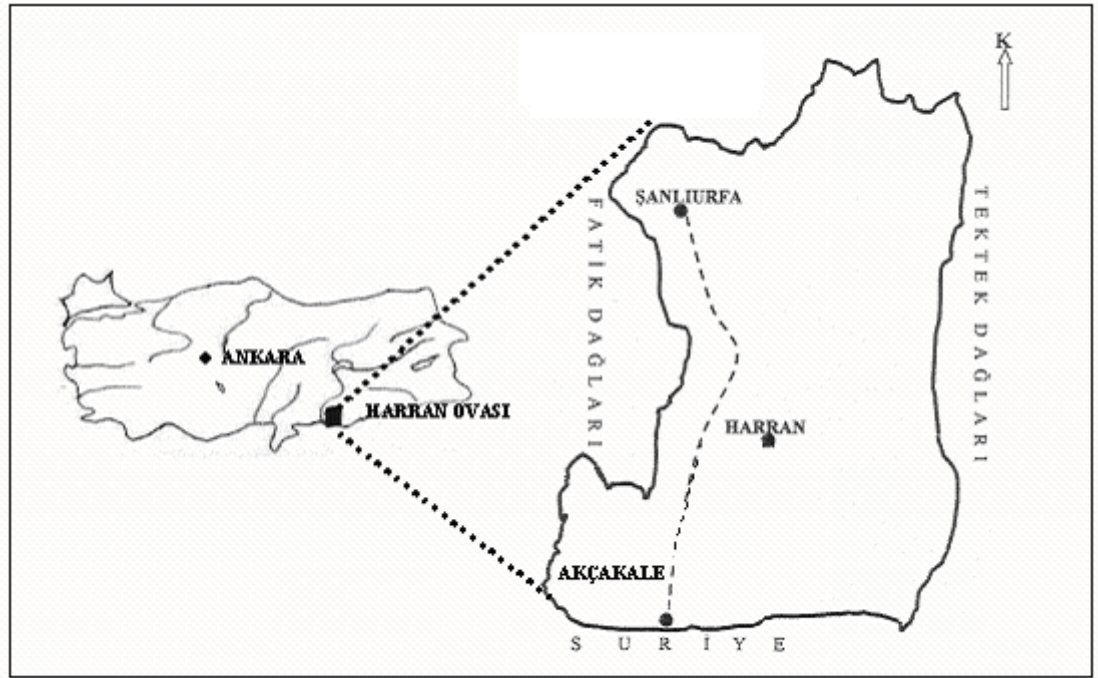
GAP'ın en önemli amaçlarından biri sulamadır. Harran Ovası, 3700 km<sup>2</sup> drenaj alanı, 1500 km<sup>2</sup> ova alanı ve 141.500 ha sulama alanıyla Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'nin en büyük sulama sahasına ve Ortadoğu'nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahiptir. 2008 yılı itibariyle 236.100 ha alan sulanmaya başlamıştır. Ovada, 50.000 hektar arazi drenaj ve tuzluluk tehlikesiyle karşı karşıyadır. Ayrıca, ovanın kuzeybatı sınırı boyunca kentin varoşlarında nüfusun büyük çoğunluğu ilkel koşullarda, hijyen kurallarına uyulmadan, hayvancılıkla uğraşmakta olup ortaya çıkan atıklar rasgele çevreye atılmaktadır.

Özetle, bu çalışma, yukarıda bahsedilen kirletici kaynaklarının YAS kalitesine etkisi ve kirlenme potansiyelinin belirlenmesi için ovada seçilen temsil edici kuyular vasıtasıyla alınan periyodik numunelerle YAS kalitesindeki değişimlerin araştırılması ve çeşitli su kalitesi sınıflamalarına tabi tutulması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

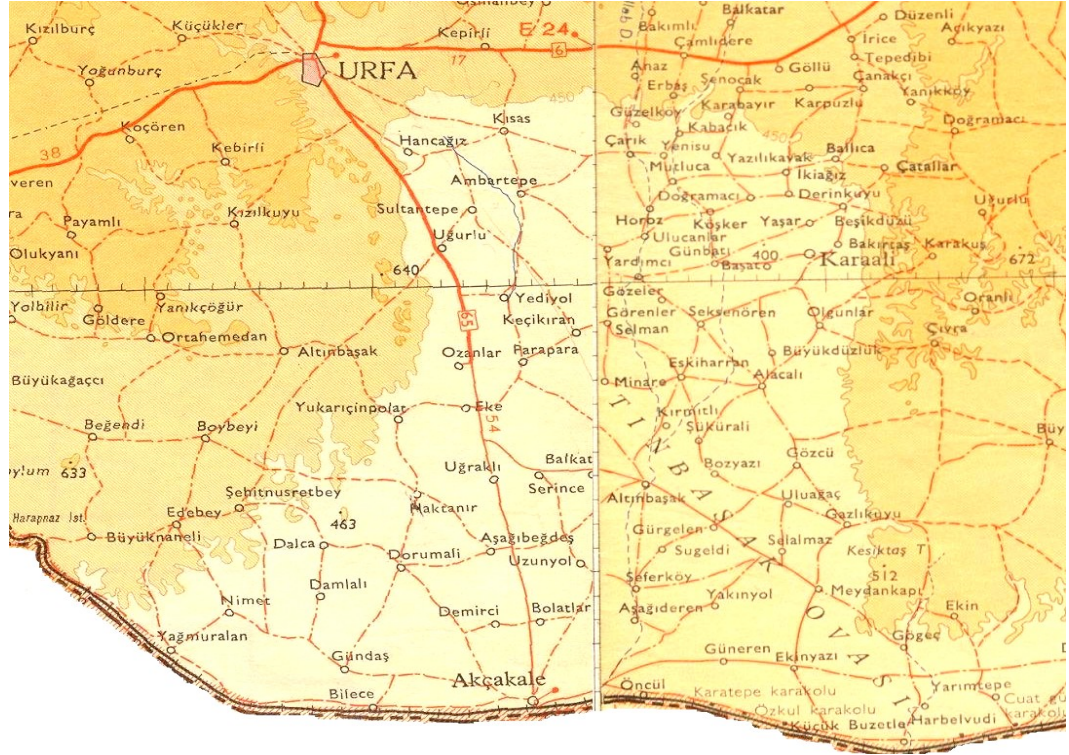
### 1.2. Çalışma alanının konumu

Harran Ovası Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ve Şanlıurfa ilinin güneydoğusunda yer alır (Şekil 1.2). Ova, kuzeyden güneye doğru Suriye'de de devam edecek şekilde uzanır. Çalışma alanı, 36°43' K - 37°10' K enlemleriyle, 38°47' D - 39°10' D boylamları arasında yer alır. Drenaj alanı 3700 km<sup>2</sup> olup, bunun 1500 km<sup>2</sup>'lik kısmını ova alanı oluşturur. Harran Ovası, 141500 hektar sulama alanıyla GAP'ın en büyük sulama sahasına

ve Ortadoğu'nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahiptir. Ova kuzeyde Şanlıurfa-Mardin karayolu civarından başlamakta, güneyde Suriye'ye açılmakta ve Suriye topraklarında da devam etmektedir. Doğuda Ceylanpınar havzasından Tektek dağları ile, batıda ise Suroç 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 yüksekliğe sahiptir. 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 1.3). Eğim, ovada kuzeyden güneye 0.003 civarındadır. Genel olarak doğu ve batıdan ova ortasına doğru hafif bir alçalma mevcuttur.



Şekil 1.2. Çalışma alanının konumu



Şekil 1.3. Çalışma alanı fiziki haritası

### 1.3. Çalışmanın önemi

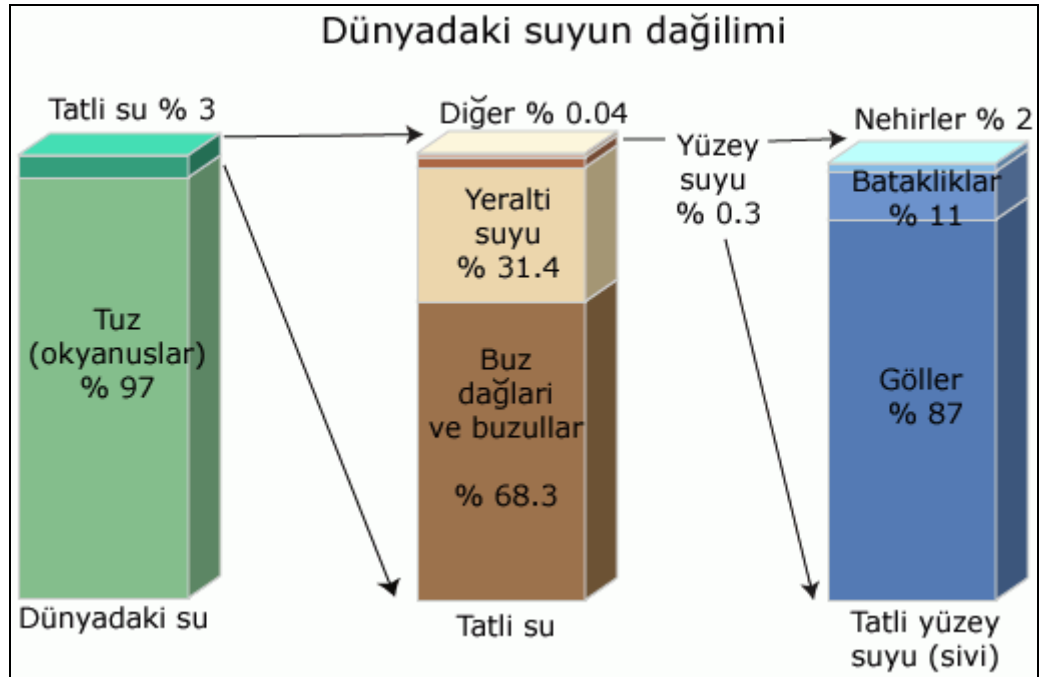
Bu çalışmanın önemi genelde suyun, özelde ise YAS'nun önemine bağlıdır. Dolayısıyla, bu bölümde, YAS'nun önemine global ölçekte değinildikten sonra çalışmanın önemiyle ilişkilendirilecektir.

Su, insanlığın varoluşu için hayati öneme sahiptir. İlk medeniyetler kaynak ve ırmak çevrelerinde oluşmuştur. Temiz su kaynakları sağlayarak gelişen çoğu medeniyetler bu kaynakların tükenmesi veya kalitesinin bozulması ile çökmüşlerdir. Dünyanın her yerinde insanlar, tarih boyunca yeraltı sularını içme suyu kaynağı olarak kullanmışlardır. Bugün bile dünya nüfusunun yarısından fazlası hayatını sürdürmek için yeraltı suyuna bağımlıdır (UNESCO, 1992).

Bu bağımlılığın ekonomik sebepleri vardır. Doğal haldeki yeraltı suları genellikle iyi kalitelidir ve çok fazla arıtma işlemi gerektirmezler. Ayrıca yeraltı suları kullanım noktalarına yakın olduğunda, pompaj ve dağıtım maliyetleri azalmakta ve ucuz olarak kullanıma sunulmaktadır. Yeraltı suları, su teminine yönelik tercih edilen kaynak olmasının diğer sebepleri ise, geniş bir alana yayılmış, stabil ve güvenilir olmasıdır. Ayrıca yeraltı suyu rezervleri yeraltında inşa edilmiş depolama tesisi özelliği gösterir.

Yeraltı suları birçok önemli ekonomik ve sosyal fonksiyonlara sahiptir. Bu fonksiyonların çoğu tam olarak bilinemez veya farkına varılamaz. Öncelikle, yeraltı suları topluma, şahıslara, tarıma ve sanayiye su temininde çok önemli bir kaynak sağlar ve bazı bölgelerde de nehir akışlarının ana kaynağını oluşturur. Çoğu nehirler uzun kurak mevsimlerde veya kışları yeraltı suları tarafından beslenmediklerinden kururlar. Bununla birlikte yeraltı suları ekosistemin çeşitliliği, sürdürülebilirliği ve canlılığı için gereklidir.

Ayrıca, Şekil 1.4 ve Çizelge 1.3 deki yeryüzünün su dağılımına bakıldığında toplam su miktarı içerisinde tatlı YAS oranı % 0.76, tatlı suların içindeki payı ise % 30.1 dir. Tatlı sular içerisindeki kutuplardaki buzun oranı % 68.7 dir. Dolayısıyla kullanılabilen tatlı sulardaki en büyük pay YAS'a aittir. Bu nicel oran dahi YAS'ın ekosistem için nedenli önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.4. Dünyadaki su dağılımı (Gleick, 1996; USGS, 2006)

**Çizelge 1.3.** Küresel su dağılımını gösteren bir tahmin (Gleick, 1996; USGS, 2006)

Su kaynağı	Kilometreküp olarak ifade edilen su hacmi	Metreküp olarak ifade edilen su hacmi	Tatlı su yüzdesi	Toplam su yüzdesi
Okyanuslar Denizler ve Körfezler	1,338,000,000	321,000,000	--	96.5
Buz tepeleri, Buzullar ve Kalıcı Kar	24,064,000	5,773,000	68.7	1.74
Yer altı suyu	23,400,000	5,614,000	--	1.7
Tatlı	10,530,000	2,526,000	30.1	0.76
Tuzlu	12,870,000	3,088,000	--	0.94
Toprak nemi	16,500	3,959	0.05	0.001
Zemin buzu ve sürekli don olan toprak	300,000	71,970	0.86	0.022
Göller	176,400	42,320	--	0.013
Tatlı	91,000	21,830	0.26	0.007
Tuzlu	85,400	20,490	--	0.006
Atmosfer	12,900	3,095	0.04	0.001
Bataklık suyu	11,470	2,752	0.03	0.0008
Nehirler	2,120	509	0.006	0.0002
Biyolojik Su	1,120	269	0.003	0.0001
Toplam	1,386,000,000	332,500,000	-	100

Yukarıda yeraltı suyunun öneminden bahsedilmiştir. Bu noktadan hareketle, bu proje, Harran Ovası yeraltı suyu kalitesi ve kirlenme potansiyelinin belirlenmesi ve kirlilik haritasının oluşturulmasıyla bir nebze de olsa ovadaki sorunun boyutunun ortaya konmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, Şanlıurfa kent merkezinin, Harran ve Akçakale ilçelerinin bazı bölümlerinin içme, kullanma suyu ihtiyacı, içme suyu şebekesinin tamamlanamadığı bölgelerde, çalışmanın konusunu oluşturan bu kuyulardan sağlanması ve önemli bir yeraltı suyu rezervi teşkil etmesi bakımından ovadaki yeraltı suyu kalitesi ve kirlenme potansiyelinin tespit edilmesi yaşamsal bir önem arz etmektedir.

#### 1.4. Çalışma alanındaki önemli sorunlar

Çalışma alanındaki başlıca çevresel sorunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan aşırı sulama ve gübreleme, tuzlanma, drenaj sorunu.
2. Kentsel atıksu deşarjının arıtma sistemi olamadan ovaya yapılmasından kaynaklanan sorunlar.
3. Ova drenaj alanı içinde bulunan belediye çöp döküm yerindeki sızıntı suyundan kaynaklanan kirlenmeler.
4. Ova drenaj alanı içinde bulunan hayvan barınaklarından ve besi yerlerinden kaynaklanan kirlenmeler.

Bu çalışmada, birinci maddede değinilen tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan aşırı sulama ve gübreleme, tuzlanma ve drenaj sorunlarının yeraltı suyu kalitesini ne denli etkilediği araştırılmıştır. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sorunların nedenleri ve boyutu aşağıda anlatılacaktır.

**Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sorunlar:** Taban suyu, toprakta geçirimsiz bir katman üzerinde bulunan ve bulunduğu düzeyin altındaki toprak katlarını sürekli doymun halde tuttuğu için bitkilere zararlı olan su katmanı diye tanımlanır. Şanlıurfa Harran-Akçakale sulamasında yapılan taban suyu ölçmeleri ile ilgili gözlem sonuçları, Çizelge 1.4–1.6’da gösterilmiştir (Tekinel ve ark., 2002).

**Çizelge 1.4.** Akçakale sulamasında taban suyu düzeyleri ve en yüksek olduğu alanlar

Yıllar	Taban Suyu Düzeyleri (m)									
	0-0.5		0.5-1.0		1-2		2-3		3 <	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1993	1505	11	1207	9	1811	13	1368	10	8309	59
1994	349	2	963	7	2137	15	1551	11	9200	65
1995	763	5	613	4	877	6	1222	8	11525	77
1996	765	5	618	4	899	6	1231	8	11487	77
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	1194	8	1207	8	2253	15	664	4	9682	65
1999	0	0	198	1	3767	25	2444	16	8591	57



Çizelge 1.4 ve 1.5 birlikte incelendiğinde, yüzyıllar boyu sulanmayan ve taban suyu olayını hiç bilmeyen Harran-Akçakale’de artık taban suyu sorunu bulunmaktadır. Ölçmelerin alındığı dönemde, taban suyunun 0 ile 1.0 m arasında olduğu araziler, toplam sulanan alanların %21-26’sını kapsar duruma gelmiştir. Rakamlar, her iki çizelgedeki değerlerin toplamlarının yeniden değerlendirilmesiyle elde edilmiştir. Son rakam, 1998 yılına ilişkin değerlerdir. Aynı şekilde, taban suyunun 1.0 ile 2.0 m arasında olduğu alanlar da %26 ile %37 arasında değişmektedir. Taban suyunun sulamaların en yoğun olduğu dönemlerdeki değişimi, aşağıdaki Çizelge 1.6’da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, taban suyunun 0-1.0 m olduğu alanlar, yıllara göre, %11 ile %4 arasında değişmektedir.

**Çizelge 1.5.** Akçakale sulaması’nda taban suyu düzeyleri ve en düşük olduğu alanlar

Yıllar	Taban Suyu Düzeyleri (m)									
	0-0.5		0.5-1.0		1-2		2-3		3<	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1993	6	0	72	1	1778	13	1692	12	10652	75
1994	67	0	414	3	2112	15	2292	16	9315	66
1995	74	0	577	4	1804	12	1520	10	11025	74
1996	98	1	545	4	1900	13	1640	11	10817	72
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	7	0	1504	10	3252	22	1974	13	8263	55
1999	0	0	0	0	1175	8	5450	36	8375	56

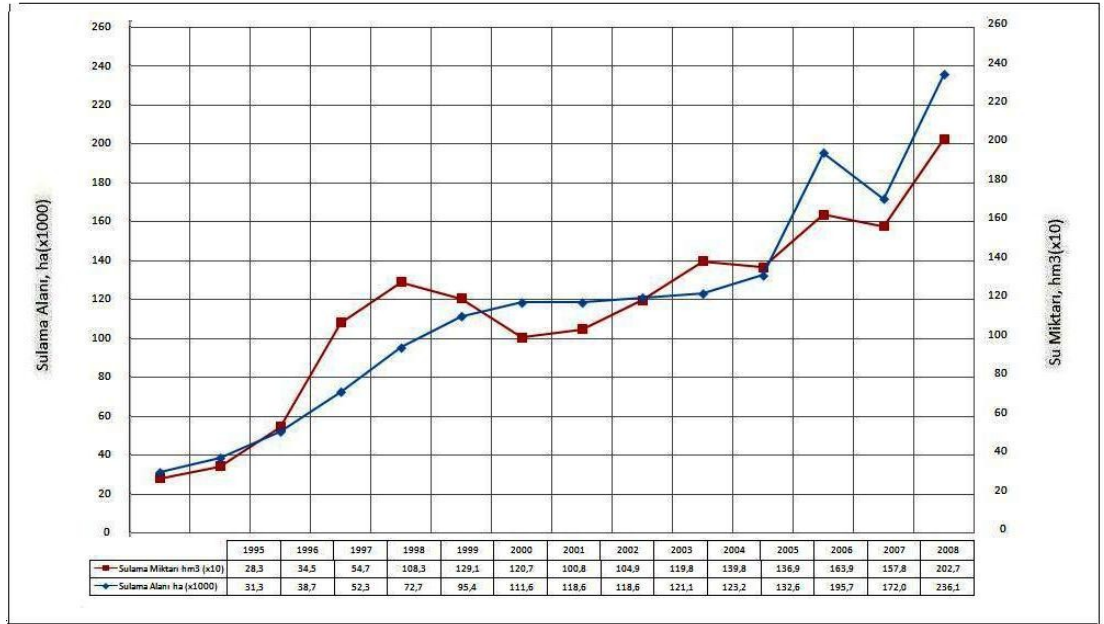
Her üç çizelgeden, taban suyunun sulamayla yakından ilişkili olduğu, gereğinden fazla verilen suyun bitki kök bölgesinde doymuş katmanların oluşmasına neden olduğu söylenebilir. Yukarıda da değinildiği gibi, aşırı sulamayla ilgili önlemler alınmadığı takdirde, taban suyu sorununun ovanın her yanında görüleceği açıktır.

**Çizelge 1.6.** Akçakale’de sulamanın en yoğun olduğu ayda taban suyu düzeyleri

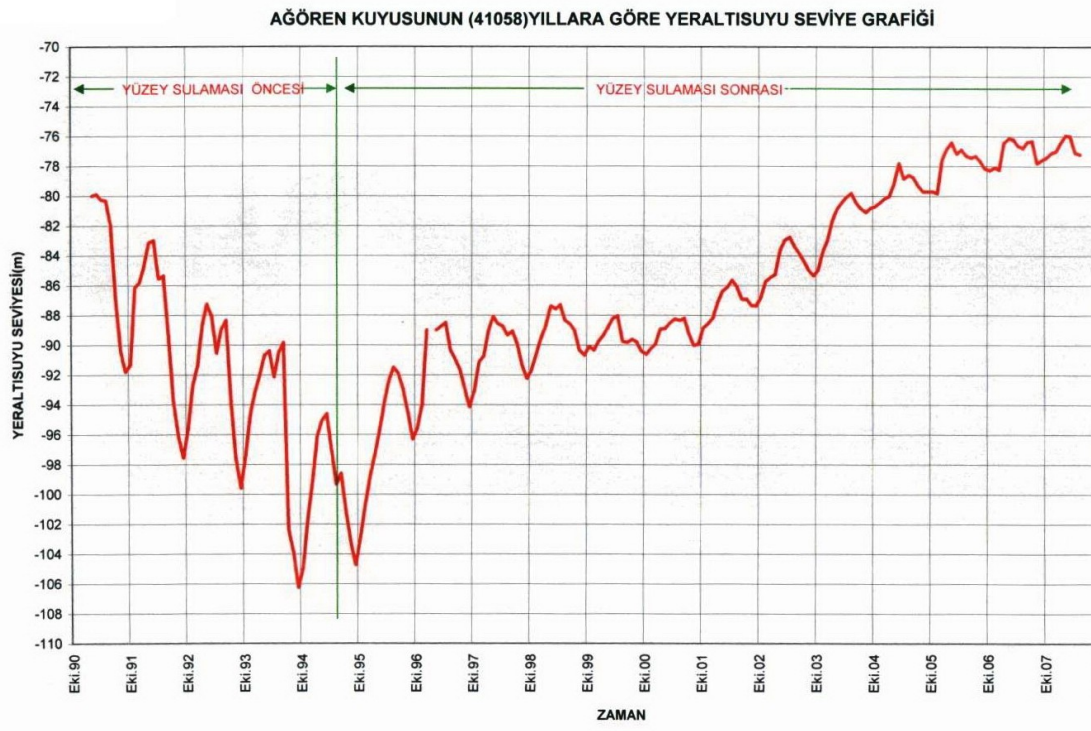
Yıllar	Taban Suyu Düzeyleri (m)									
	0-0.5		0.5-1.0		1-2		2-3		3<	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1993	426	3	778	5	2615	18	1168	8	9213	65
1994	151	1	1428	10	2018	14	1492	11	9111	64
1995	479	3	665	4	1475	10	1283	9	11098	74
1996	454	3	610	4	1952	13	1632	11	10352	69
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0	0	527	4	3370	22	2066	14	9037	60
1999	0	0	17	0	2414	16	4400	29	8169	54

DSİ'nin Harran Ovası'nda gözlem kuyularında taban suyu düzeylerinin tehlikeli sınır olarak kabul edilen 150 cm' den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun nedenleri arasında, arazilerin topografik yapıları, çiftçilerin yaptığı sulama uygulamaları ve etkin drenaj sisteminin bulunmaması sayılabilir.

Harran Ovasında, 1995 yılında başlayan yüzey sulaması ve sulanan alanların yıllara göre değişimi Şekil 1.5' de görülmektedir. Şekil 1.6'da ise Harran Ovasında DSİ tarafından YASS ölçülen gözlem kuyularındaki YASS'ın 1995 yılındaki yüzey sulamasıyla birlikte yükselimi görülmektedir. Ovada sorunların başlaması gözüyle de bu grafiklere bakılabilir. YASS'daki yükselmenin meydana getirdiği sorunlar bu çalışmanın birçok bölümünde tartışılmıştır.



Şekil 1.5. 1995-2008 yılları arasında Harran Ovasına verilen su ve sulanan alanlar



**Şekil 1.6.** Gözlem kuyularındaki YASS' ın yıllara göre ortalama değişimi (DSİ, 2008)

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

DSİ (1972), Harran Ovasının hidrojeolojik etüdü kapsamında, ovanın jeolojik ve hidrojeolojik haritası yapılmış, ovanın hangi bölümlerinde ve derinliklerinde ne miktar ve kalitede yeraltı suyu bulunduğunu, akifer özellikleri, yeraltı suyu hareketi ve işletmesine yönelik potansiyeli belirlemek amacıyla 1968 yılında bir etüt çalışmasına başlanılmış ve nihai raporu “Harran Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu” başlığı altında 1972 yılında yayınlanmıştır.

Yeşilnacar and Uyanık (2005), Şanlıurfa Tünellerinden Harran Ovasına iletilen suyun kalitesini saptamak amacıyla 2000-2003 yılları arasında suların hidrokimyasal analizlerini yaparak bu suları, WHO (1993), TSE (2005), ANONİM (2004c)’e göre sınıflamışlardır. Ayrıca, bu suların tarımsal kullanım açısından da sınıflayarak ABD Tuzluluk Diyagramına göre C2-S1 ve Wilcox Diyagramına göre de “çok iyi – iyi” kalitede olduğunu saptamışlardır.

Yeşilnacar and Güllüoğlu (2007), Harran Ovası serbest akiferinde 2006 su yılı boyunca tuzlanmanın temel göstergelerinden biri olan EC (Elektriksel İletkenlik) değerlerini muhtelif kuyularda ölçmüşlerdir. Buna göre; tuzlanmanın özellikle alanın orta ve güney bölümlerinde yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Yeşilnacar, M.İ., ve ark., (2007) , Harran Ovası serbest akiferinde yaptıkları bir araştırmada, yüzey sulamasının yol açtığı problemlerin, ovanın yeraltı suyu kalitesine olan etkilerini saptamaya çalışmışlardır. Bunun için yeraltı suyu örnekleri, 2006 su yılı süresince, ayda bir kez, 24 adet temsili gözlem kuyusundan alınmış. EC, sıcaklık, pH ve yeraltı suyu seviyesi yerinde, örneklemeden hemen sonra ölçülmüş. Sonuçları; AB’ nin 98/83/EC Yönergesi, TSE’ nin TS 266 (İnsani Tüketim Amaçlı Sular) standardı ve WHO’ nun İçme Suyu Yönergeleri çerçevesinde değerlendirilmiş ve önceki çalışmalarla ayrıca karşılaştırılmışlardır

Yeşilnacar, M.İ., ve ark., (2007), Harran Ovası serbest akiferinde bir yıl boyunca su örnekleri alarak bunların AB, TS 266, WHO ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine tabi

tutmuşlardır. Bu yönetmeliklerin kabul edilebilir sınırları dışına çıkan kuyuları tespit etmişlerdir.

Yeşilnacar and Güllüoğlu (2008), Harran Ovası serbest akiferinde yaptıkları bir araştırmada, yeraltısuyunun hidrokimyasal fasiyes özelliklerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, ovada önemli bir sorun teşkil eden  $\text{NO}_3^-$  kirlenme haritası, EC haritası, toplam sertlik haritası oluşturarak olası kirlenme potansiyeli taşıyan bölgeleri belirlemişlerdir.

Yeşilnacar et al., (2008), yapay sinir ağları kullanılarak pH, sıcaklık, EC ve su seviyesi parametreleri ile yer altı suyundaki nitratı  $R=0,93$  ile tahmin etmişlerdir.

Atasoy and Yeşilnacar (2009), Yer altı sularında sülfatın koroziviteye etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla Harran Ovası yeraltı sularında alınan örneklerden sülfatça zengin olan su örnekleri Langelier ve Ryznar indexlerine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak; yağış, aşırı sulama, YAS daki değişimler korozivitedeki mevsimsel değişime neden olmuştur.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu bölümde, çalışma alanının genel durumu, örnekleme alınan kuyuların özellikleri, bölgenin karakteristik jeolojik ve hidrojeolojik durumu, çalışmada kullanılan alet ve cihazların başlıca özellikleri ve ölçüm-analizlerin değerlendirilmesinde kullanılan yazılımlar irdelenmiştir.

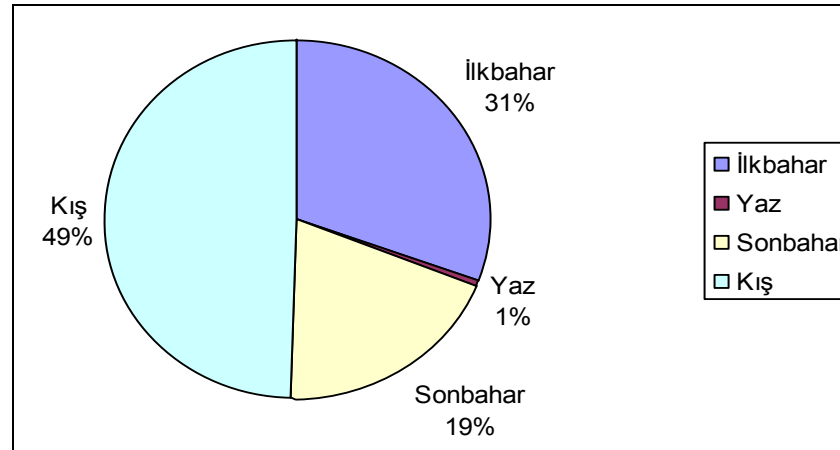
##### 3.1.1. Çalışma alanının genel durumu

GAP projesinin ana hedeflerinden biri su ve toprak kaynaklarının değerlendirilmesidir. Bu bağlamda, GAP'da sulanabilir toplam alan 1.6 milyon hektardır. Atatürk Barajı ve Şanlıurfa Tünelleri aracılığıyla sulanacak toplam arazi 476.400 hektardır. Bu alanın 141.500 hektarını Harran Ovası oluşturmaktadır. 2008 yılı sonu itibariyle 236.100 ha alan sulamaya açılmıştır. Ova; kurak, yarı kurak iklim tipindedir. Akçakale Meteoroloji istasyonu verilerine göre 1975-2004 uzun yıllar yağış ortalaması 284.2 mm, sıcaklık ortalaması 18<sup>0</sup>C dir (Çizelge 3.1).

**Çizelge 3.1.** Uzun yıllar yağış ve sıcaklık ortalaması

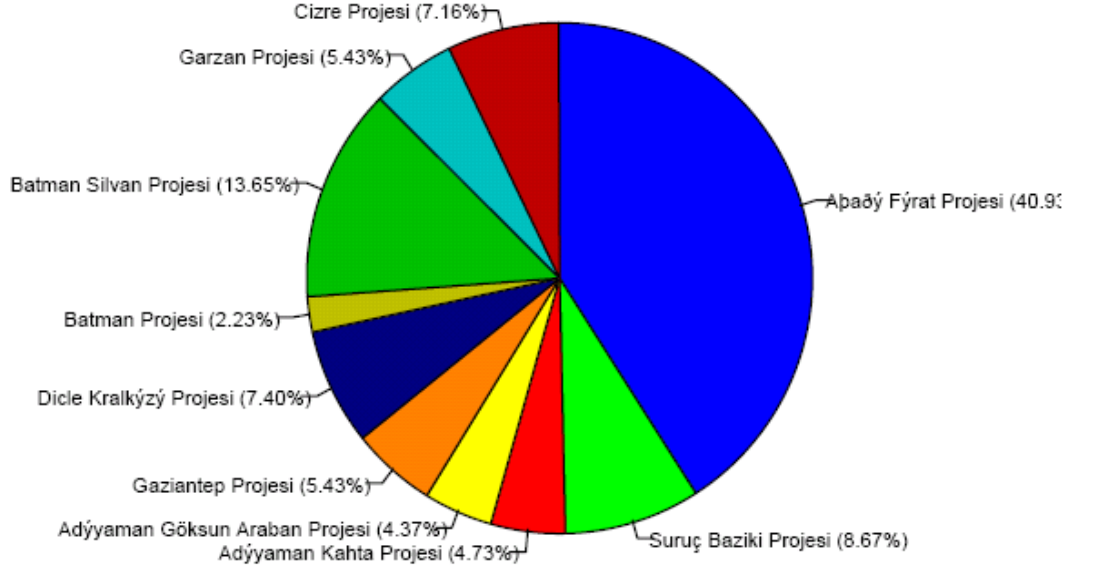
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	5.8	7.1	11	16.3	22.4	28.2	31.4	30.3	25.7	19.4	11.9	7	18
Yağış, mm	46.6	44.7	41.4	27.3	18	1.1	0.9	0	0.5	19.2	34.4	50.1	284.2

Yağışların mevsimsel dağılımına bakıldığında, yağışların neredeyse yarısı (%49) kışın, %31'i ilkbaharda, % 19'u sonbaharda ve yazın hemen hemen hiç (%1) yağış düşmemektedir (Şekil 3.1).



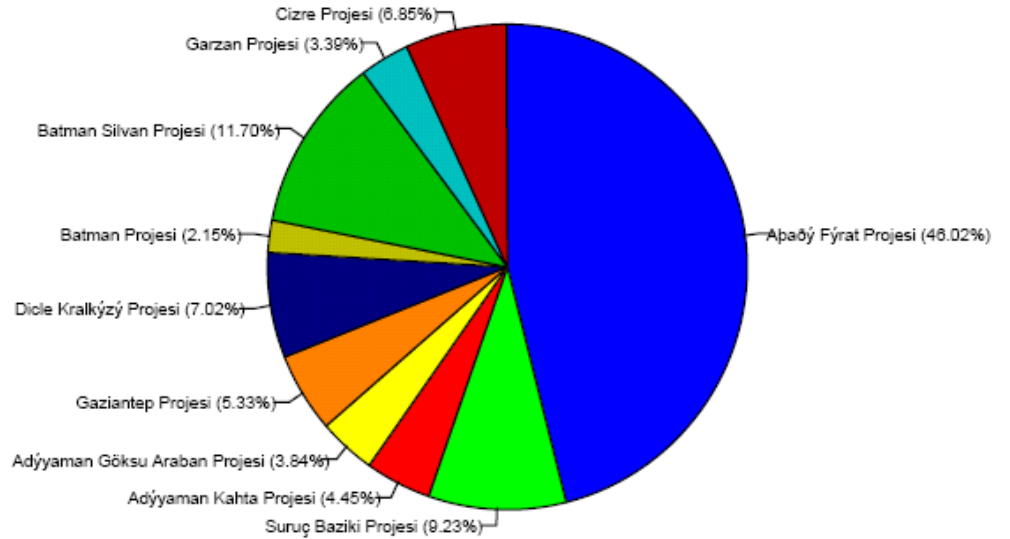
**Şekil 3.1.** Yağışların mevsimsel dağılımı

GAP’da sulanabilir alanların alt projelere dağılımına bakıldığında en fazla paya sahip Aşağı Fırat projesidir (Şekil 3.2.).



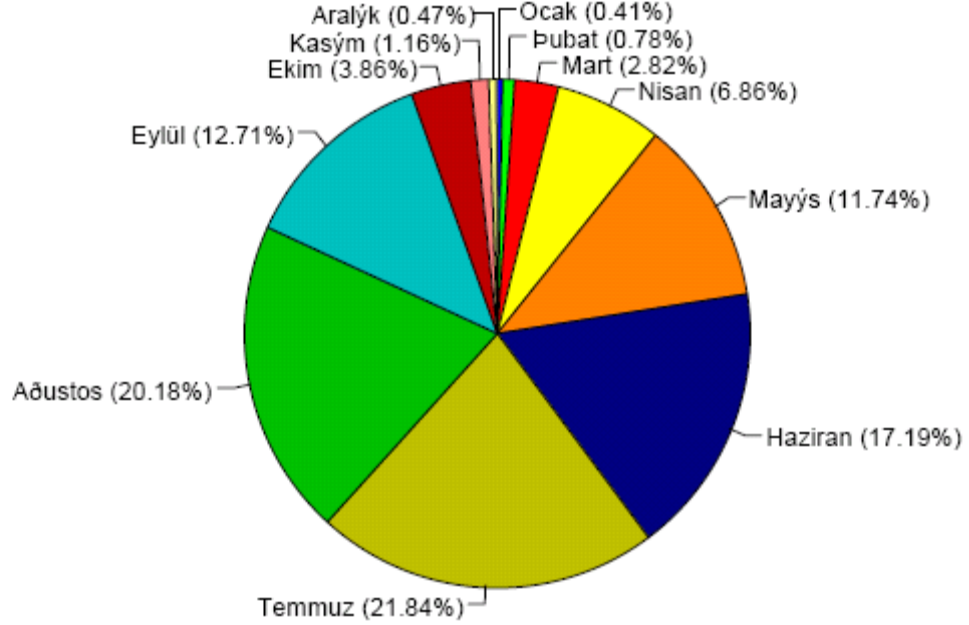
Şekil 3.2. GAP’da sulanabilir alanların alt projelere dağılımı (İlhan ve Utku, 2000)

Keza, GAP’da su tüketiminin alt projelere dağılımına göre de en fazla paya sahip Aşağı Fırat projesidir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. GAP’da su tüketiminin alt projelere dağılımı (İlhan ve Utku, 2000)

GAP'da aylık su tüketim oranlarına bakıldığında, en çok su tüketimi sırasıyla Temmuz, Ağustos, Haziran, Mayıs ve Eylül aylarıdır (Şekil 3.4).



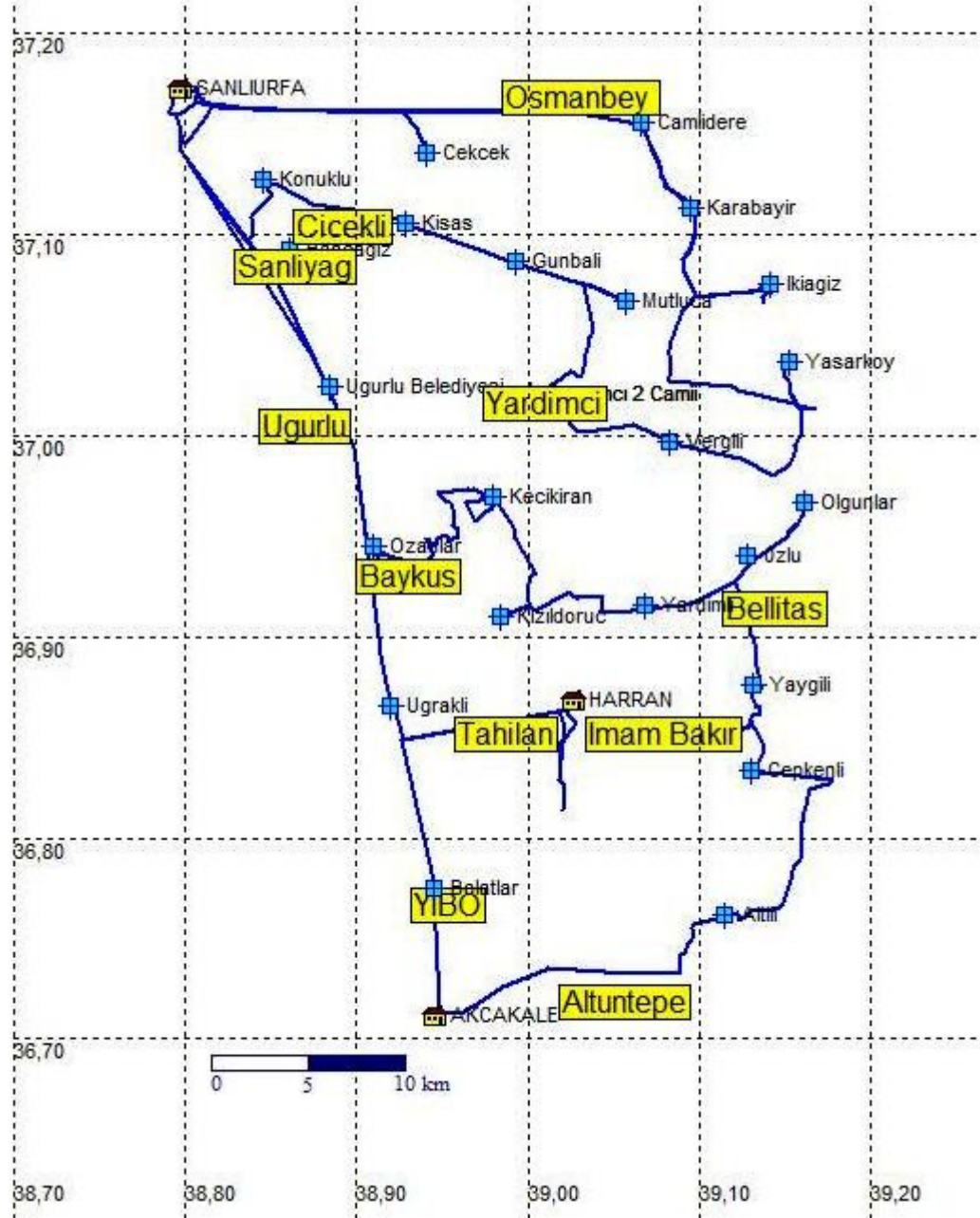
Şekil 3.4. GAP'da aylık su tüketim oranları (İlhan ve Utku, 2000)

### 3.1.2. Örnek alınan kuyular

Çalışmada, Kasım 2008-Temmuz 2009 tarihleri arasında Şekil 3.5'de görülen 11 adet kuyu kullanılmıştır. Köylere ulaşım, Şanlıurfa, Harran ve Akçakale merkezlerinden asfalt yollardan gidildikten sonra güzergah haritasında görüleceği üzere stabilize ve toprak köy yollarından sağlandı. Bu kuyuların ortalama derinlikleri 180-400 metre arasında değişmektedir. Kuyular, Eosen yaşlı kireç taşlarından oluşan derin akiferde rotary sondaj yöntemiyle açılmış olup muhafaza boruları vb. sondaj teçhizatıyla donatılmıştır. Kuyulardan pompaj işlemi dalgıç pompalar yardımıyla yapılmıştır.

Bu kuyular, içme ve kullanma suyu temini için kullanılmaktadır. Kuyuların isimleri kuyunun bulunduğu yerleşim biriminin ismiyle anılmıştır. (Şekil 3.5). Hem ovanın genel görünümü hem de kuyuların yerlerini gösteren uydu fotoğrafı (Şekil 3.6)'da gösterilmiştir.





Şekil 3.5. Çalışma alanı örnekleme kuyularının lokasyon ve güzergah haritası



Şekil 3.6. Ovanın genel görünümü ve kuyuların yerlerini gösteren uydu görüntüsü

### 3.1.3. Jeoloji ve hidrojeoloji

Harran Ovası Şanlıurfa il merkezinin güneydoğusunda yer alır. Harran Ovası jeomorfolojik açıdan bir grabendir ve literatüre Akçakale Grabeni olarak geçmiştir. Bölgede jeolojik formasyonlar tortul ve volkanik kayalardan meydana gelmektedir. Magmatik kayaç olarak yalnız bazaltlar bulunur. Bazaltlar ovayı çevreleyen bazı tepelerin üzerinde yersel olarak görülürler. Bu bazaltlar, Karacadağ volkanizmasının püskürtükleridir (DSİ, 1972; DSİ, 2003).

#### 3.1.3.1. Jeoloji

Çalışma alanında egemen olan tortul birimlerin özlü açıklamaları yaşlıdan genç doğru aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.7, 3.8).

**Paleosen:** Çalışma alanındaki en yaşlı birimdir litolojik olarak marndır. Bu birim çalışma alanında yüzeylenmez ancak derin sondajlarda kesilmiştir. Eosen kireçtaşı altında geçirimsiz taban kayasını oluşturur. Kalınlığı yaklaşık 800' m dir.

**Eosen:** Genellikle kristalize kireçtaşlarından oluşmuştur. Karstik yapılar iyi geliştiğinden bölgenin önemli akiferi konumundadır. Kalınlığı yaklaşık 300 metre civarındadır. Eosen kireçtaşları doğudan ve batıdan yüksek eğimlerle ovaya doğru dalırlar. Çalışmada örnek alınan kuyular bu birimin içerisinde yer alır.

**Miyosen:** Killi kireçtaşlarından oluşmuştur. Karstik yapılar kısmen geliştiğinden akifer özelliği gösterir. Kalınlığı yaklaşık 100 m civarındadır.

**Pliyosen:** Yersel olarak jipsli seviyeler bulunduran killerden oluşmuştur. Kalınlığı yaklaşık 200 m civarındadır.

**Pleyistosen:** Pliyosen killeri üzerinde; killi, kumlu ve çakıllı seviyeler şeklinde bulunan bu birim yüzeyde serbest akiferi oluşturur. Kalınlığı yaklaşık 60 m civarındadır.

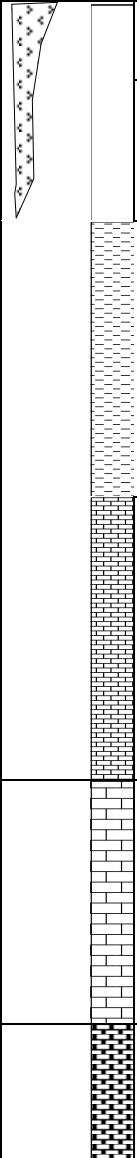
### 3.1.3.2. Hidrojeoloji

**Paleosen:** Eosen kireçtaşları altında geçirimsiz taban kaya özelliğindedir.

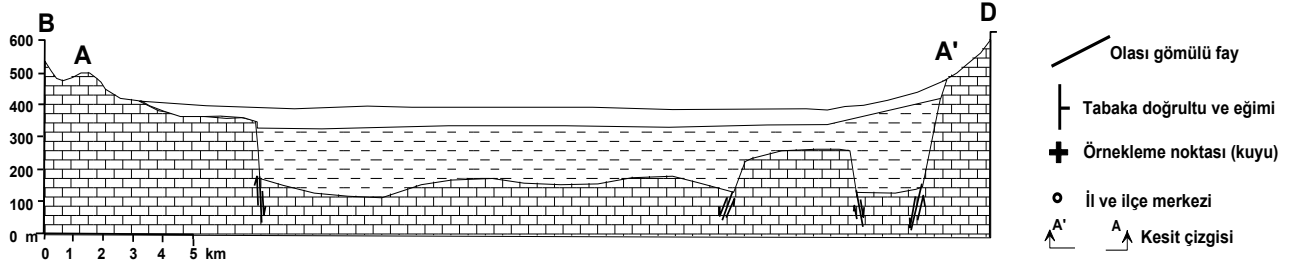
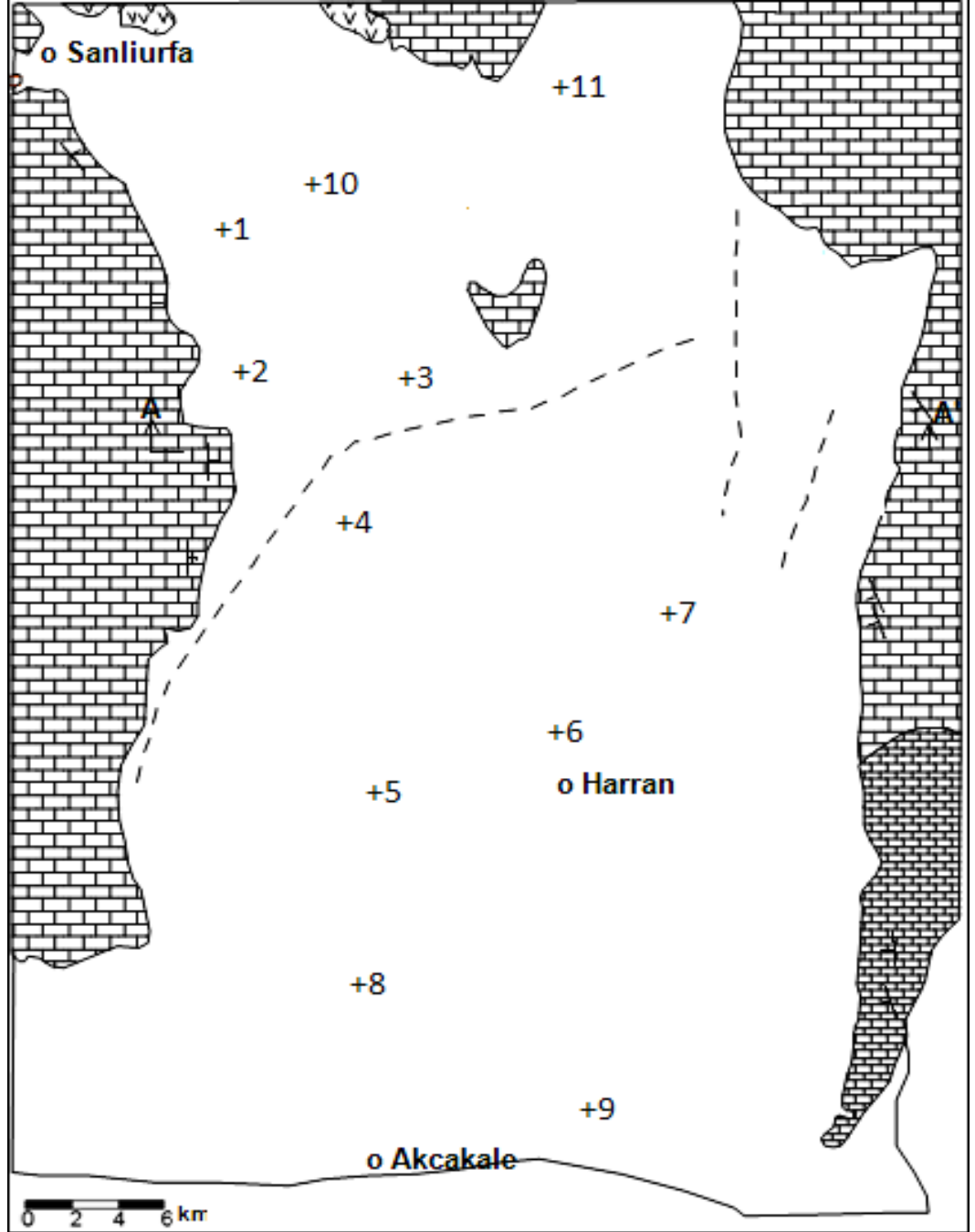
**Eosen:** Çatlak ve kırık sistemine bağlı olarak karstik yapılar iyi geliştiğinden bölgenin önemli akiferi konumundadır. Açılan kuyularda 20-100 l/s su alınabilmektedir. Beslenme sahasının yüksek kotlarda olması ve üzerinde geçirimsiz Pliyosen killerin bulunması nedeniyle bu birim basınçlı akifer niteliği kazanmıştır. Bu birimdeki seviyeler yüzey sulamalarından önce belirli alansal düşümler gösterirken, yüzey sulamasından sonra, azalan çekimlere bağlı olarak yükselimler göstermiştir.

**Miyosen:** Eosen kalkerlerine göre killi olup karstifikasyon az gelişmiştir. Açılan kuyularda 10-30 l/s su alınabilmektedir.

**Pleyistosen:** Pliyosen killeri üzerinde bulunan bu birimde açılmış yüzlerce sığ kuyu mevcuttur. Bu birim, serbest akifer özelliğindedir. Altta bulunan Pliyosen kili yeraltı suyunun derine sızmasını engelleyerek, kum, çakılda birikmesine neden olur. Pleyistosen yaşlı kil, kum, çakıl birimi hazne, Pliyosen kili ise geçirimsiz taban özelliği gösterir. Bu birimde yüzey sulamasına bağlı olarak su seviyesinde yükselimler olmuştur. Yeraltı suyu akış yönü kuzeyden güneye doğrudur.

Ust Sistem	Sistem	Sistem	Seri	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklamalar	Hidrojeolojik Özellikler	
SENOZOYİK	KUVATER	NER	PLEYİSTOS	EN	~ 60		Boşluklu, kısmen ayrılmış, tepe ve yamaçlarda	Akifer özelliği yok
								Alüvyon
	TERSİYER	PLİYOSEN	MİYOSEN	~ 200	~ 100	Kil	Yersel jipsli	Su vermeyen formasyon
								Killi kireçtaşı
		EOSEN	~ 300	Kireçtaşı	Karstik, kristalize çt.	Bol su taşıyan, derin akifer niteliğinde		
		PALEOSEN	~ 800	Marn	Geçirimsiz taban kayası	Geçirimsiz taban kayası		

Şekil 3.7. Çalışma alanı basitleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (DSİ, 2003' den uyarlanmıştır)

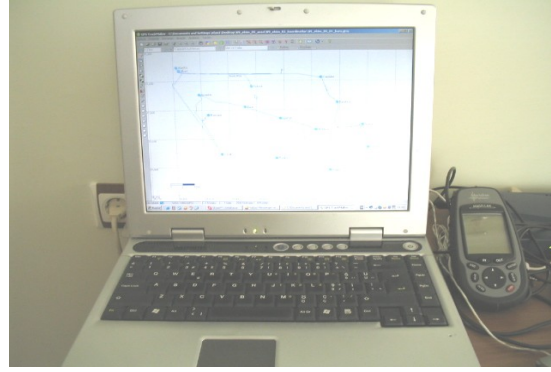


Şekil 3.8. Çalışma alanı jeoloji haritası ve en kesiti (DSİ, 2003' den uyarlanmıştır)

### 3.1.4. Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar

Proje, arazi ve laboratuvar çalışmalarını kapsayan iki ana bölümden oluşmuştur. Bu bölümde, arazide ve laboratuvarda ölçüm yapılan alet ve cihazların başlıca özellikleri ve ölçüm yapılan parametreler verilecektir.

**GPS aleti:** Örneklem noktalarının koordinatları ve kotları Magellan marka Meridian Platinum el tipi GPS ile ölçülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Magellan marka Meridian Platinum el tipi GPS aleti ve bilgisayara veri aktarımı

**Fotometre cihazı:**  $\text{NO}_3^-$  parametresi Merck marka Spectroquant NOVA 60 fotometre cihazı ile ölçülmüştür. Toplam alkaliniteden  $\text{HCO}_3^-$  değeri elde edilmiştir. Analizlerin doğrulanması açısından bu cihazla da aynı parametrelerin analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Spectroquant NOVA 60 fotometre

**Türbidimetre:** Bulanıklık, Jenway marka türbidimetre cihazıyla (Şekil 3.11) laboratuvarında ölçülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3.11. Jenway türbidimetre

**Alevli atomik absorpsiyon spektrometre cihazı:** Na<sup>+</sup> parametresi Varian marka Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında (Şekil 3.12) ölçülmüştür. Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> parametreleri hem kolorimetre cihazıyla hem de atomik absorpsiyon cihazında ölçülmüş ve ortalamaları alınarak bu parametrelere ait değerler elde edilmiştir. Atomik absorpsiyon cihazında ölçülen parametrelerin ölçüm aralığı; Ca<sup>+2</sup> için 0-5 mg/l, Mg<sup>+2</sup> için 0-0.8 mg/l, K<sup>+</sup> için 0-1.8 mg/l ve Na<sup>+</sup> için 0-1.5 mg/l'dir.



Şekil 3.12. Varian marka Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazı



**Mettler toledo sevenGo pro-SG7:** Metler Toledo SevenGo pro-SG7 cihazı (Şekil 3.13) arazide sıcaklık, EC ve TDS parametrelerinin değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Mettler marka EC, TDS, sıcaklık ölçüm cihazı

**Mettler toledo sevenGo pro pH metre:** Metler Toledo SevenGo Pro cihazı (Şekil 3.14) arazide pH parametrelerinin değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Mettler marka pH ölçüm cihazı

### 3.1.5. Çalışmada kullanılan yazılımlar

Çalışma boyunca verilerin alınmasında, toplanmasında ve değerlendirilmesinde bir takım yazılımlar kullanılmıştır. Bu yazılımlar:

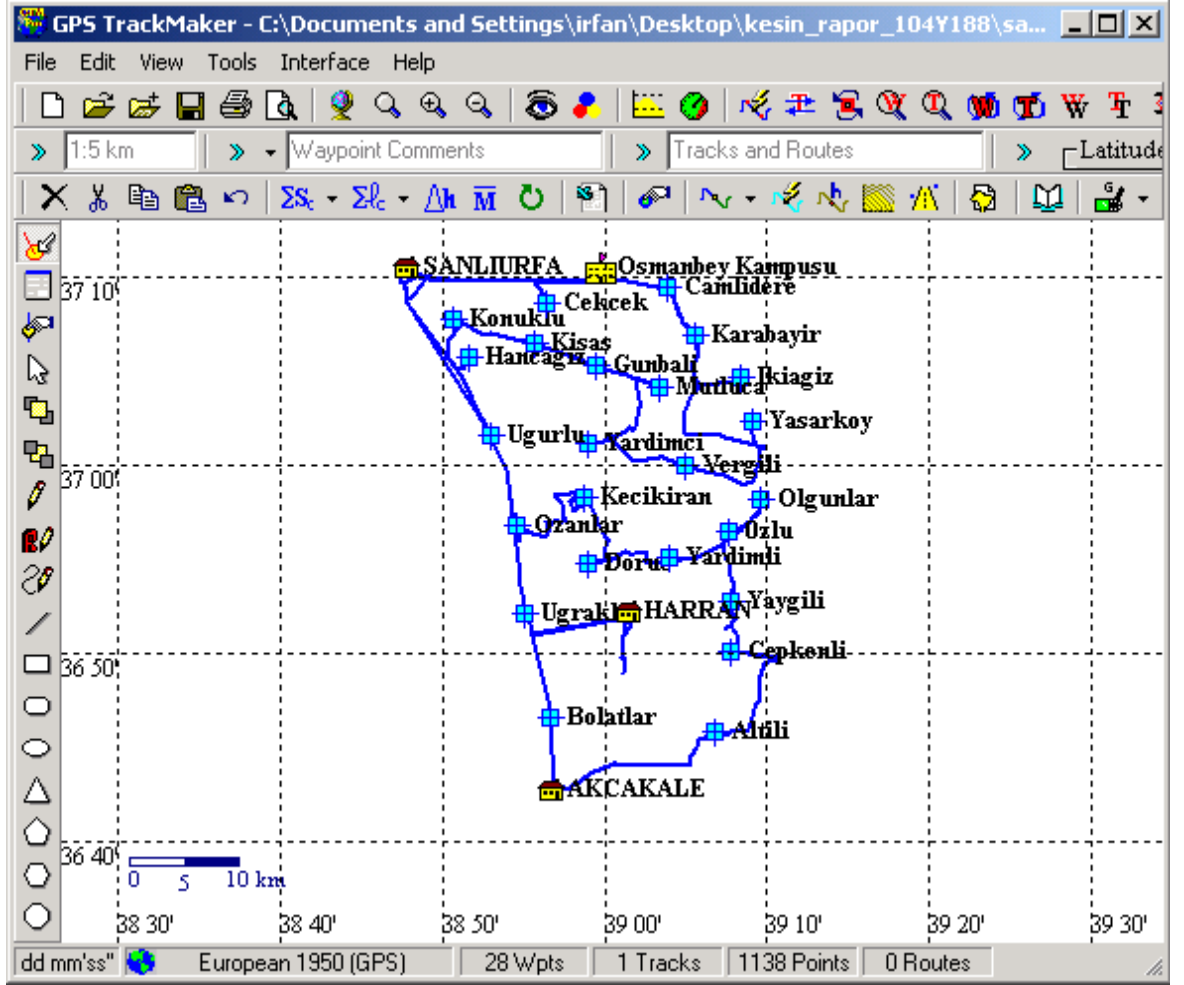
- GPS TrackMaker® Professional 3.8
- RockWare Aq.QA 1.1 (1.1.4.1)
- Surfer Version 8.00 Golden Software, Inc

**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, hız vb. bilgiler oluşturulan haritada görünür hale gelir. Elde edilen bu harita GIS türü yazılımlara altlık teşkil eder. Yazılımın ekran görüntüsü Şekil 3.15' de verilmiştir.

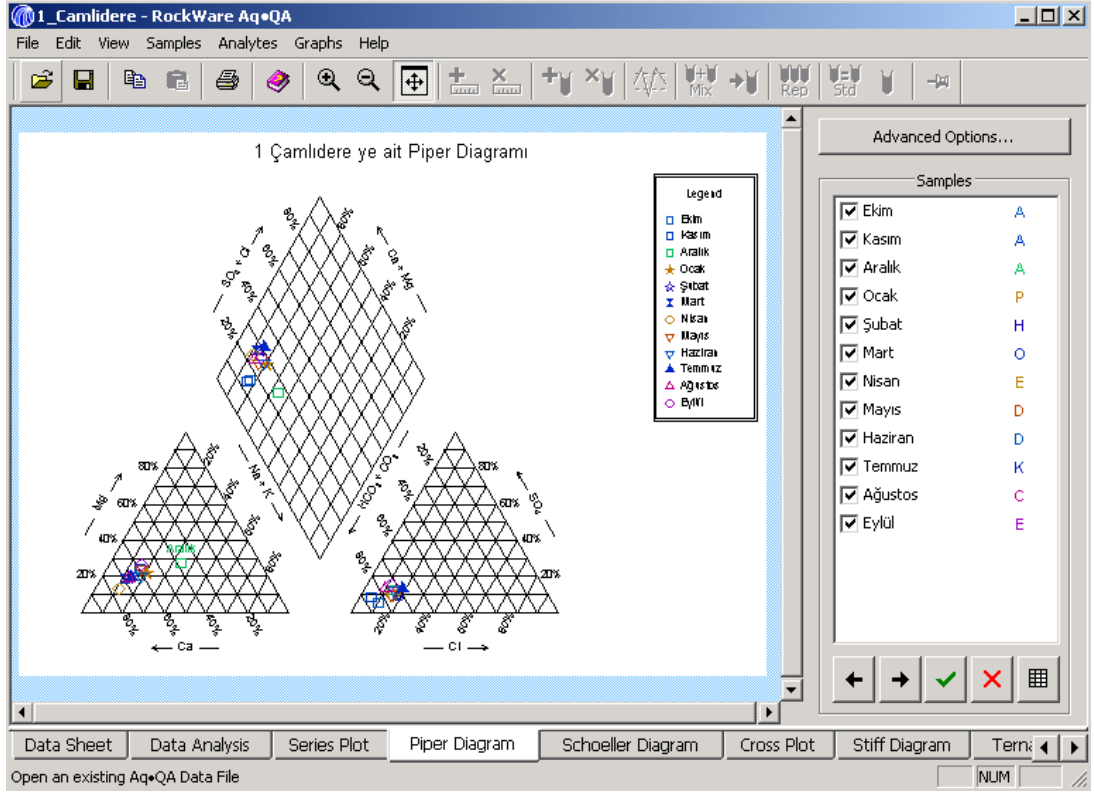
**RockWare Aq.QA 1.1 (1.1.4.1):** Analiz sonuçlarına göre her parametre için veya her mevki için bir veritabanı oluşturmaya yarayan yazılım aynı zamanda bu parametrelerden hareketle %Na, SAR, toplam sertlik gibi bir takım değerleri hesaplamaktadır. Bir diğer önemli özelliği ise her lokasyon için veya bunların kombinasyonu için ortak değerlendirmeler yapabilmekte ve bunlara ait Piper, yarı logaritmik Schoeller vb. diyagramları yapabilmektedir. Projede, MS Office XP Excel'e ilaveten bu yazılımdan da oldukça yararlanılmıştır. RockWare Aq.QA 1.1 (1.1.4.1) yazılımının ekran görüntüsü Şekil 3.16' da verilmiştir.

**Surfer Version 8.00 Golden Software, Inc:** Bu yazılım başlıca topografik harita oluşturma ve 3D arazi modelleme gibi amaçlarla kullanılır. Bu çalışmada, GPS TrackMaker® Professional 3.8 yazılımıyla oluşturulan harita (base map) bu yazılımda altlık olarak kullanılıp digitize edilmiştir. Sayısallaştırılan haritada (xyz) koordinat değerleri yerine su kalitesi parametreleri girilmek suretiyle eş-EC, eş-sertlik, eş-nitrat haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar, lokasyon haritalarıyla çakıştırıldığında (overlayer)

her konumda kirliliğin dağılımı, eş-yeraltı su seviyesi vb. birçok bilgi 2D ve 3D olarak sorgulanma olanağı bulacaktır.



Şekil 3.15. TrackMaker yazılımının ekran görüntüsü



Şekil 3.16. RockWare Aq.QA 1.1 (1.1.4.1) yazılımının ekran görüntüsü

### 3.2. Yöntem

Bu bölümde, çalışmada ölçülen ve analiz edilen parametreler, su örneklerinin alımı, taşınması ve korunmasıyla ilgili standart, yönerge vb. normlar ile ulusal ve uluslararası düzeyde sıkça kullanılan su kalitesi sınıflamaları ve bunların temel özellikleri tartışılmıştır.

#### 3.2.1. Ölçülen ve analiz edilen parametreler

Bu çalışmada, problemin yaşandığı bölgede, ova genelini temsil eden örnekleme noktaları (sondaj kuyuları) seçilmiştir. Bu örnekleme noktalarından alınan su örnekleri üzerinde yerinde (in-situ) ve laboratuvarında analizler yapılmıştır. Örnekleme Kasım 2008 -Temmuz 2009 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Alınan numunelerde analizi yapılan parametreler:  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+}$ ,  $K^{+}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ ,  $HCO_3^{-}$  ve bulanıklıktır. Yerinde (in-situ) ölçülen parametreler ise sıcaklık, pH, EC ve TDS'dir. Yerinde (in-situ) ve laboratuvarında yapılan ölçüm ve analizlerin aynı zamanda hangi cihazla da yapıldığına ilişkin bir liste Çizelge 3.2'de verilmiştir. Analizlerin güvenilirliği için anyon-katyon dengesi hesaplanarak sonuçlar APHA-AWWA-WEF (1999) tarafından önerilen ve kabul edilebilir sınır olan % 5'in altında çıkmıştır. % 5'in altında çıkmayan sonuçlarda deneyler tekrar edilmiştir.

#### 3.2.2. Örneklerin alınması ve korunması

Geniş alanlarda yapılan çalışmalarda, örneklerin alınması, bu örneklerin laboratuvara bekletilmeden getirilmesi çok titiz, doğru, hassas ve güvenilir bir çalışmayı gerektirir. Yukarıdaki bölümde anlatıldığı üzere örneklerin analizi birkaç cihazda aynı anda yapılarak olası hatalar minimize edilmeye çalışılmıştır.

- 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, 2004a)
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (Anonim, 1991)

Çizelge 3.2. Kullanılan ekipmanlar, arazide ve laboratuvarında ölçülen parametreler.

Cihazlar	Varian FAAS	Merck Nova 60 Fotometre	Jenway 6035 Turbidimeter	Mettler Toledo SevenGo pro – SG7	Mettler pH metre	Titrasyon
Parametreler						
Sıcaklık, °C	-			Arazide	Arazide	
pH				Arazide	Arazide	
EC, µS/cm (25°C)	-	-	-	Arazide		
TDS, mg/l				Arazide		
Ca <sup>2+</sup> , mg/l	Lab	Lab				
Mg <sup>2+</sup> , mg/l	Lab	Lab				
Na <sup>+</sup> , mg/l	Lab					
K <sup>+</sup> , mg/l	Lab	Lab				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	-	Lab				
Cl <sup>-</sup> , mg/l		Lab				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l		Lab				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l						
Bulanıklık (NTU)			Lab			
Toplam Alkalinite		Lab				Lab.

### 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları

Suyun; nitel ve nicel anlamda kaliteli olması insan, hayvan, tarım, endüstri ve çevre açısından hayati bir öneme sahiptir. Suyun kalitesi, önceleri, insanlar tarafından nitel gözlemler sayesinde (tat, koku, sıcaklık, renk vb.) kabul edilmişti. Gelişen teknolojiyle birlikte bugün doğadaki suyun kalitesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri tanımlanmış alt ve üst sınırlarının konulmasıyla mümkün olabileceği gösterilmiştir.

Türkiye de yaygın olarak kullanılan “içme suyu standardı veya sınıfı” terimi, Avrupa Birliğine giriş sürecinde tüm kurum ve kuruluşlar tarafından “the quality of water intended for human consumption” teriminin bir çevirisi şeklinde “İnsani Tüketim Amaçlı Sular” olarak ifade edilmektedir.

Bu bağlamda, bu çalışmada, suyun kalitesi insani tüketim amaçlı ve tarımsal kullanım amacına göre ulusal ve uluslararası standartlara göre belirlenmiştir. Ayrıca, suyun hidrokimyasal fasiyesi de belirlenmiştir.

#### 3.2.3.1. İnsani tüketim amaçlı suların sınıflamaları

İçme suyu açısından ulusal düzeyde kullanılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004), TS 266 Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TSE, 2005) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (Anonim, 2005)'lerdir. Son yönetmelik, Avrupa Birliği İçme Suyu Direktifi 98/83/EC uyarınca hazırlanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayımlanan “Guidelines for drinking-water quality” (WHO, 1993) ve Avrupa Konseyi İçme Suyu Direktifi (Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption) uluslararası düzeyde kullanılan standartlar veya direktiflerdir (EU, 1998).

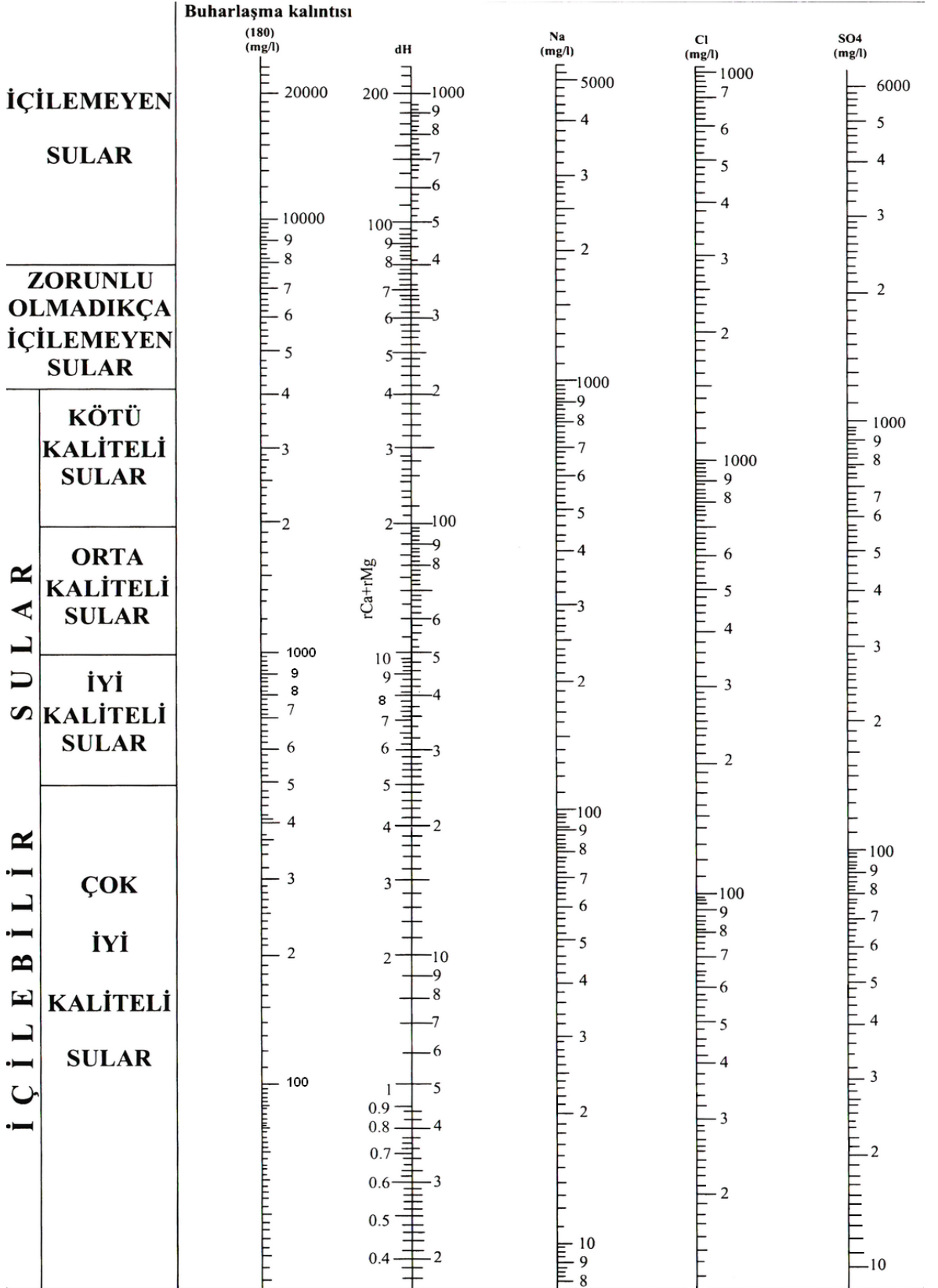
Ayrıca, Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği (TKNKKS, 2004) yeraltı, yerüstü suları ve topraklarda kirliliğe neden olan azot ve azot bileşiklerinin belirlenmesi, kontrolü ve kirliliğin önlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları

kapsar. Aynı zamanda, bu esasları uygulamak, denetlemek ve çalışma plan ve programı hazırlamakla Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının ilgili birimlerini görevlendirmiştir. Bu yönetmeliğe göre max. nitrat sınırı 50 mg/l olarak belirlenmiştir.

Schoeller (1955) tarafından önerilen suların içilebilirlik diyagramı (Şekil 3.17) de pratik olduğu için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, her örnekleme noktası için bu diyagram üzerine değişim aylık olarak işlenmiştir.

Bu çalışmada, ölçülen ve analiz edilen parametrelerin, insani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri karşılaştırılmalı olarak Çizelge 3.3' de verilmiştir. Bu sınır değerlere göre ölçülen ve analiz edilen parametrelerin, aylık değişimi, hem zamansal hem de alansal olarak gösterilerek yorumlanmıştır.





Şekil 3.17. Örnek bir Schoeller diyagramı

	SKKY (2004)				TS 266 (TSE, 2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık, °C	25	25	30	> 30				
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında	6.5≤pH≤9.5	6.5≤pH≤9.5	6.5 – 8.5	6.5≤pH≤9.5
EC, µS/cm (20 °C)					650	2500	250	2500
TDS, mg/l	500	1500	5000	> 5000				
Na <sup>+</sup> , mg/l	125	125	250	> 250	100	200	200	200
NO <sub>3</sub> , mg/l	22	44	89	> 89	25	50*	50	50
Cl <sup>-</sup> , mg/l	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400	30	250	250	250
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	200	200	400	> 400	25	250	250	250
Bulanıklık (NTU)					5	5	<5	

GL (Guide Level): Tavsiye edilen değer; MAC (Maximum Admissible Concentration): Max. Tavsiye edilen değer; \* (TKNKKS, 2004)

Çizelge 3.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası standartlardaki bu çalışmada ölçülen parametrelerin sınır değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 3.3'te yer alan parametreler ve kısa açıklamaları şöyledir:

**Sıcaklık:** Suların sıcaklığının mevsimlere göre değişmesi ya da değişmemesi suların kökeni ve geliş yeri hakkında bilgi verir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Genel olarak içme sularının sıcaklığı 7 – 10 °C arasında olmalıdır (Şahinci, 1991). Anonim, (2004c)'e göre 1. ve 2. sınıf sular 25 °C, 3. sınıf sular 30 °C ve 4. sınıf sular 30 °C' den büyük olan sulardır.

**pH :** pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir kısaltmadır ve çözeltide bulunan H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunun bir ifade şeklidir. Doğal suların pH değeri genellikle 4-9 arasında olup bu suların büyük bir kısmı karbonat ve bikarbonatlar nedeniyle hafifçe bazik niteliktedir (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Sawyer et al., 2003). Yeraltı sularında pH için istenen değer 6.5-8.5 arasında olmasıdır.

**EC (Elektriksel iletkenlik) ve TDS (Toplam çözünmüş katı madde):** Elektriksel iletkenlik bir maddenin elektrik akımını iletme yeteneğidir. 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 rapor edilir. SI sisteminde 1 milimho 1 milisiemens (mS) ve 1 mikromho da 1 mikrosiemens (µS) olarak ifade edilmektedir (Freeze and Cherry, 1979).

Saf suyun elektriksel iletkenliği çok düşük olup 25°C'de mikrosiemens'in onda birinden daha azdır (HEM, 1970). Yüklü iyonik türlerin çözeltide bulunması çözeltiliye iletkenlik kazandırır. Doğal sularda değişik miktar ve oranlarda çok çeşitli iyonik ve yüksüz tür bulunduğundan, iyon konsantrasyonlarının veya toplam çözünmüş maddenin sağlıklı bir şekilde bulunmasında iletkenlik tanımlamaları kullanılamaz. Ancak, spesifik 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 ile 0,75 arasında değişmektedir.

Bu çalışmada, TDS hesaplanırken C katsayısı 0.65 olarak alınmıştır. EC ve TDS arasında  $TDS = 0.65*EC$  şeklinde doğrusal bir ilişki olduğu için ayrıca bir grafik çizilmemiştir.

EC içme ve kullanma sularının sınıflandırmasında bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Su kalitesinin temel kriterlerinden biri TDS'dir. TDS'ye göre suların sınıflaması Çizelge 3.4' de verilmiştir (Fetter, 2001).

**Çizelge 3.4.** TDS'ye göre suların sınıflaması

Sınıf	TDS, mg/l
Tatlı	0 – 1000
Acı	1000 – 10.000
Tuzlu	10.000 – 100.000
Aşırı tuzlu	> 100.000

TS 266'ya göre EC (20°C) 650  $\mu S/cm$  (GL) ile 2500  $\mu S/cm$  (MAC) arasındadır. WHO'ya göre max. EC değeri 250  $\mu S/cm$ , Avrupa Konseyi İçme Suyu Direktifine göre 2500  $\mu S/cm$  (MAC) dir.

**Sodyum ( $Na^+$ ) ve potasyum ( $K^+$ ):** Sodyum doğada bulunan en yaygın alkali metaldir. Bütün sodyum bileşikleri suda kolayca çözünürler. Doğal suların hepsi bir miktar sodyum içerir. Yeraltı sularının sodyum içeriği normal olarak 6-130  $mg/l$  arasında değişir. Magmasal kayalar, kil mineralleri, feldspatlar, feldspatoidler, evaporitler ( $NaCl$  gibi) sodyum içeren başlıca kayaç ve minerallerdir. Sodyum insan vücudundaki hücre dışı sıvısında en fazla bulunan katyondur. Vücudun sodyum düzeyini kontrol etmede etkin mekanizmaları bulunduğu için sodyum akut zehirlenme etkisi olan bir metal değildir. Bununla birlikte kalp, böbrek ve dolaşım sistemi hastalıkları olan kişilerde olumsuz etkiler yapabilir (McNeely et al., 1979).

Potasyum yer kabuğunun %2.5'unu oluşturur ve esas olarak feldspatlarda (ortoklaz, mikroklin), mikalarda, feldspatoidlerde ve kil minerallerinde bulunur. Bitki ve hayvanlarda bulunan ana elementlerden biridir. Doğada oldukça yaygın bulunmasına karşın doğal sularda genellikle birkaç  $mg/l$  düzeyinde bulunur. Sulardaki orta derecedeki potasyum

derişimi suyun kullanımını olumsuz yönde etkilemez. Potasyum bitki ve hayvan yaşamı için ana besinlerden biri olmasına karşın, çok yüksek derişimleri (>2000 mg/l) sinir ve sindirim sistemi için zararlıdır. Sodyumun, 100-200 mg/l arasında olması tavsiye edilir

Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Toprağın yapısını bozarak, geçirimsizliğini azaltan ve sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğurulan sodyum, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir; ayrıca, sodyum bitkiler için zararlı bir ortam meydana getirir (Şahinci, 1991).

**Klorür (Cl<sup>-</sup>):** Yeraltı sularındaki klorür miktarı genellikle yağışlı bölgelerde az, kurak bölgelerde çoktur. Klorür, sedimanter kayalarda, özellikle evaporitlerde bulunur. Sularındaki klorür iyonu, hidrolojik çevrim sırasında iyi korunabilen iyonlardandır. Bu nedenle iyi bir izleyici olarak bilinir. Yüksek derişimdeki klorür iyonu, bitkilerin gelişmesini engeller. Bitkiler tarafından kolayca soğurulan klorür iyonu, bitki dokularında ve yapraklarda birikerek yaprak yanmasına neden olur. Tuz yataklarının bulunuşu, yapay tarım gübrelerinin, fabrika, lağım suları, çürümüş hayvan ve bitki artıklarının, buzlanmayı önlemek için yollara atılan tuzların yeraltısularına karışması sonucu klorür miktarı artabilir.

Klorürün sularında 250 mg/l düzeyinin geçmemesi istenir.

**Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):** Yeraltı sularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Bunların dışında az miktarda piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan da gelebilir. Özellikle Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki evaporitik seri içinde bol miktarda jips ve anhidrit bulunduğundan, bu bölgelerin yeraltı sularında sülfat iyonuna çokça rastlanılmaktadır. Sülfatın, tarımda toprağın tuzluluğunu arttırması dışında zararlı etkisi yoktur. Sulama sularında 250 mg/l'ye kadar olan miktarlar bitki beslenmesi için faydalıdır. Bu miktar 500 mg/l'nin üzerine çıktığında zararlı olmaya başlar (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

Sülfatın sularında 250 mg/l düzeyini geçmemesi istenir.

**Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )** : Yeraltı sularında, en problemlı, en yaygın ve büyük miktarda bulunan potansiyel kirleticilerden biri nitratdır (Keeney, 1986). Yeraltı sularında nitratın kaynağı başlıca dört kategoride sayılabilir: Doğal kaynaklar, atıklar, gübreleme ve sulu tarım (Canter, 1997). Nitrat pekçok doğal su ortamlarında makul konsantrasyonlarda bulunur; ancak gerek atıksuların deşarjı ve gerekse gübre kullanımına bağılı olarak nitrat konsantrasyonu yeraltı sularında yüksek değerlere çıkararak bir kirletici halini alabilir. Nitrat iyonları çocuklarda ve hamile kadınlarda önemli sağılık riskleri taşıdığı bilinmektedir. Bu durum muhtemelen çocukların midelerinde nitratların nitritlere indirgenmesine bağılıdır. Nitratlar, bebeklerde hemoglobinle birleşebilir ve böylece hücrelere oksijen taşımını olumsuz etkileyebilir (mavi bebek sendromu olarak ta bilinen mavimsi bir deri renginin ortaya çıkmasına neden olur).

Azot gübrelerinin yaygın kullanımı yeşil sebzelerde yüksek nitrat düzeylerine neden olabilir. Belli koşullar altında nitrat çok daha zehirli olan nitrite, ve hatta, nihai olarak kanserojenik etki yapan nitrosamine de dönüşebilir (etki başlıca bağırsaklarda görülür) (Richard,1980). İnsan atıkları da alıcı ortamlarda azotta önemli artışlara sebebiyet verirler. Hatta gübreler, hayvan atıkları, kentsel ve endüstriyel atıklar yer altı suyunda nitrat kirliliğinin önemli kaynağı olarak düşünülürler (WHO,1978).

Ulusal ve uluslararası bilimsel ve teknik kuruluşların neredeyse tümü sularda max. nitrat düzeyini 50 mg/l olarak kabul etmiştir. Bilimsel raporlarda nitrat ya  $\text{NO}_3^-$  ya da  $\text{NO}_3\text{-N}$  şeklinde ifade edilir. Bu çalışmada nitrat  $\text{NO}_3^-$  olarak ifade edilmiştir.

**Bulanıklık:** Bulanıklılık asılı katı maddelerden yani kil, silt ve çok küçük organik ve inorganik partiküllerden kaynaklanır. Bulanıklılık ve asılı katı madde suyun görünüşünü etkileyen parametre olduğu için tüketici memnuniyetinde çok önemlidir. Ayrıca bu partiküller suda patojenik mikroorganizmalar, ağır metaller, klorlanmış hidrokarbonlar vb. olarak bulunur. Genellikle yeraltı suyu akımının yavaş olduğu daneli akiferlerin (kum, çakıl, alüvyon) sularında ender olarak asılı maddeler bulunur. Eğer kuyu sularında bulanıklık izlenirse kaptajın veya koruma tesislerinin iyi yapılmadığını, bu nedenle asılı maddelerle yüklü suların doğrudan akifere girdiğini gösterir. Suda bulunan demirin oksitlenmesi de bulanıklığa yol açabilir. İçme suyu temininde estetik, filtre edilebilirlik ve dezenfeksiyon açısından önem taşıyan bir parametredir. Bulanıklık tayininde kullanılan yöntemler; enstrümental ve gözle mukayese yöntemleri olmak üzere iki grupta toplanabilir.

Enstrümental yöntem, suda asılı halde bulunan partiküller vasıtasıyla dağıtılan ışığın yoğunluğunun ölçümüdür. Kullanılan yöntemdeki temel farklılık yüzünden, enstrümental yöntemler gözle mukayese yöntemlerinden biraz farklı sonuçlar verirler, bu fark nedeni ile enstrümental işlem vasıtası ile elde edilen değerler (NTU) "Nefelometrik Bulanıklık Birimi" ile, gözle mukayese sonucu elde edilen değerler ise, Jackson Bulanıklık Birimi (JTU) ile ifade edilir. Bu çalışmada, Nefelometrik Bulanıklık Birimi (NTU) kullanılmıştır. Bulanıklık TS 266 (TSE, 2005) ve WHO (1993)'ya göre 5 NTU'nun altında olması tavsiye edilir.

**Toplam sertlik:** 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.

Hidrosferde suların sertliği lokal 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. Sular genel olarak sertlik oluşturan unsurların sudaki konsantrasyonuna göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar (Çizelge 3.5).

**Çizelge 3.5.** Suların sertliklerine göre sınıflandırılması

mg CaCO <sub>3</sub> /L	Sertlik Derecesi
0 - 75	Yumuşak
75 - 150	Orta sertlikte
150 - 300	Sert
300 ≤	Çok sert

Çözünen sertlik meydana getiren maddelerin eşdeğer kireç türlerinin karşılıklarına göre tanımlanmış, sertlik dereceleri ise Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri olarak günlük dilde daha sık kullanılırlar. Ülkemizde sık kullanılan bu sertlik derecelerinin mg CaCO<sub>3</sub>/L eşdeğerleri ise şöyledir :

1 Fransız sertlik derecesi = 10.0 mg CaCO<sub>3</sub>/L

1 Alman sertlik derecesi = 17.8 mg CaCO<sub>3</sub>/L

1 İngiliz (Clark) sertliği = 14.3 mg CaCO<sub>3</sub>/L

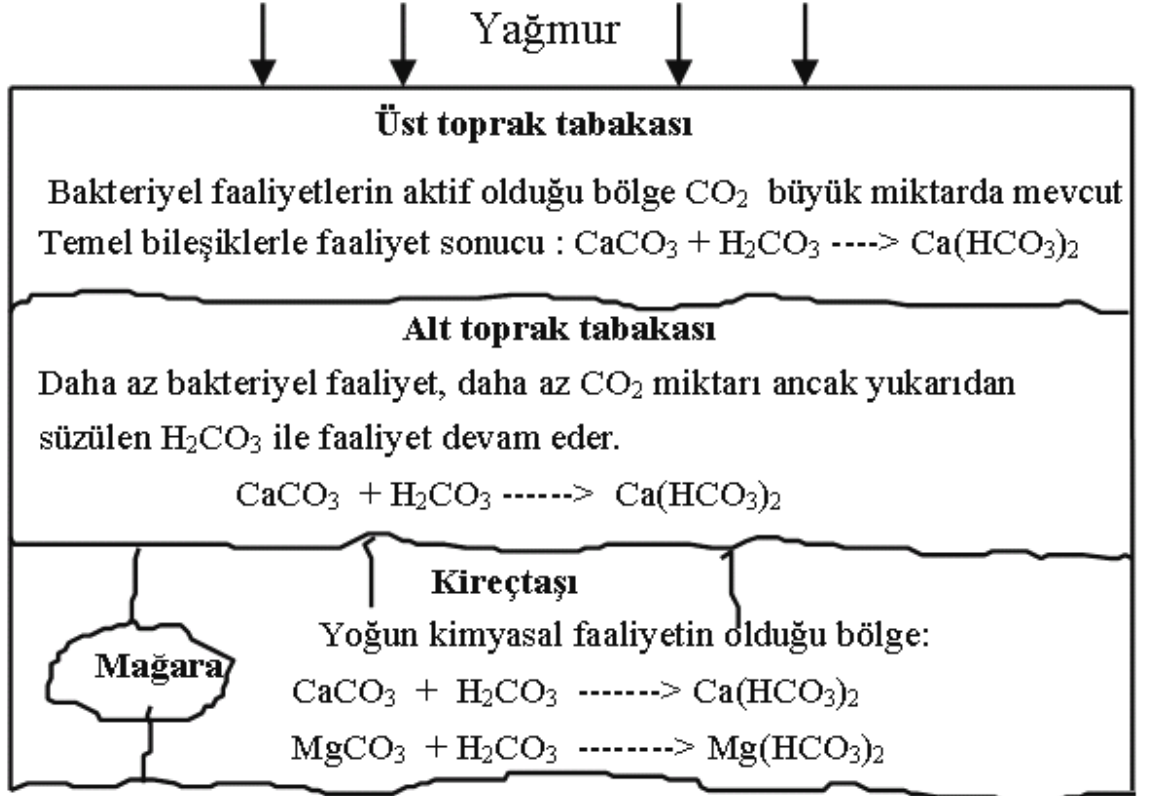
Sertliğin Sebep ve Kaynakları :

Sertlik su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların, yani Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Sr<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Mn<sup>+2</sup> içeriğinin bir sonucudur. Bu katyonlara karşılık suda bazı anyonların bulunması gerektiğine göre sertlikle ilgili olarak suda bazı anyonların da bulunması doğaldır. Bunların başlıcaları HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve SiO<sub>3</sub><sup>-</sup> anyonlarıdır.

(+2) değerlikten daha yüksek değerlik taşıyan Al<sup>+3</sup>, Fe<sup>+3</sup> katyonlarının da sertliğe neden olması gerektiği düşünülebilir. Ancak bu katyonlar, normal yüzeysel suların sahip olduğu pH'lar da suda çok az çözünebilmektedir. Bu yüzden sudan çökelerek ayrılırlar. Sulardaki sertlik büyük ölçüde toprak ve kayalarla temas sonucu meydana gelir. Ancak toprağa düşen yağış sularının normal pH'sı, doğal sularda rastlanan çok büyük madde miktarının bu yolla çözülüp taşındığını açıklamaya yeterli değildir. Çünkü, atmosferde % 0.03 mertebesinde bulunan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, yağmur suyunu oluşturan damıtık haldeki suyun pH'sını 5.67 değerinden aşağıya çekemez. Son yıllarda atmosferde görülen CO<sub>2</sub> başta olmak üzere çeşitli asidik gaz kirleticilerin artışı sonunda yağmur suyu pH'sını 4.5 değerinin altına düşürebilmektedir.

Atmosferdeki normal asitletme sonunda pH'sını 5.6 civarında sabitleşen yağış suyunun, izlediğimiz mertebede sert yeraltı sularına yol açması için çok daha fazla CO<sub>2</sub> gazına gerek vardır. Bu asitlik toprağın üst katmanlarındaki bakterilerce zengin katmanın içinde oluşan ve kapiler boşlukları dolduran CO<sub>2</sub> gazının suda çözünmesi ile sağlanır. Böylece kapiler boşluk ve çatlaklardan süzülürken su içinde artış gösteren CO<sub>2</sub> asiditesi özellikle kalsiyum bileşiklerinin suda çözünmesini sağlar. Şekil 3.18' de toprakta karbon dioksit ve sertliğe neden olan bileşiklerin çözümlerinin kaynağı şematik olarak açıklanmıştır. Bu şematik açıklamaya göre toprak tabakası kalın olan yörelerde ve kireçli arazilerde bulunan sular daha sert olur (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995).





Şekil 3.18. Karbondioksitin ve sertliğe neden olan çözümlü bileşiklerin kaynağı

Suların sertliğinin en hassas tayini, sertlik oluşturan iyonların konsantrasyonlarının tek tek ölçülüp birbirine eklenmesi yöntemidir. Çok uzun süren ve detaylı olan bu yöntemin rutin olarak kullanımı güçtür. Tek tek her (+2) değerlikli kationun sertliğe katkısı aşağıdaki formülle gösterilir.

$$\text{Sertlik (mg/l CaCO}_3 \text{ eşdeğeri)} = \text{M}^{+2} \text{ (mg/l) } (50 / \text{M}^{+2} \text{ nin eşdeğer ağırlığı})$$

Burada; M<sup>+2</sup> (+2) değerlikli herhangi bir metal iyonunun konsantrasyonunu (mg/l) gösterir.

#### Sertlik çeşitleri:

Toplam sertlik (Ca ve Mg sertliği): Doğal sularda en sık rastlanan Ca ve Mg iyonlarının meydana getirdiği sertlik çok az hata ile toplam sertlik olarak kabul edilebilir.

$$\text{Toplam sertlik} = \text{Ca sertliği} + \text{Mg sertliği}$$

Karbonat sertliği ve Karbonat olmayan sertlik:

Toplam sertliğin, sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşı gelen kısmı karbonat sertliği olarak bilinir. Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlediğinden, eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse, karbonat sertliği (mg/l CaCO<sub>3</sub>) = alkalinite(mg/l CaCO<sub>3</sub>), eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veya büyükse, Karbonat sertliği (mg/l CaCO<sub>3</sub>) = Toplam sertlik (mg/l CaCO<sub>3</sub>), alınır. Toplam sertliğin karbonat sertliği dışında kalan kısmı ise karbonat olmayan veya kalıcı sertlik denir. Çünkü bu sertlik kaynatma ile giderilemez.

Yalancı sertlik:

Tuzlu suların tıpkı sert sularda görüldüğü gibi köpürmediği bilinir. Ancak bu, şimdiye kadar açıklanan sertlikten çok, sabunun iyonlaşması engellendiğinden dolayı görülen bir olaydır. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzlu sudaki ortak olan Na<sup>+</sup> kationlarının "ortak iyon etkisi" dir. Sodyumun normalde sertlik hasil edici bir bileşen olmamasına karşılık meydana getirdiği bu sertliğe yalancı (pseudo) sertlik denir (Şengül ve Müezzinoğlu, 1995; Sawyer et al., 2003; Şahinci, 1991; Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

**3.2.3.2. Sulama suyu sınıflamaları**

Sulamada kullanılan suların içinde çözünmüş fazla miktarda iyonlar, bitkilere ve tarım toprağına fiziksel ve kimyasal yollarla etkiyerek, verimi düşürür. Bu iyonların fiziksel etkisi, bitki yapısındaki hücrelerde osmotik basıncı azaltarak suyun dal ve yapraklara erişmesini engeller; kimyasal yolla ise, bitki metabolizmasını bozarlar. Tuzlu sulardaki Na<sup>+</sup>, zemindeki Ca<sup>+2</sup> iyonları ile yer değiştirmesi sonucu toprağın geçirgenliği ve havalanması azalır; böylece, dolaylı olarak bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Bitkilerin sudaki tuzlara karşı dirençleri farklı olduğundan, sulama için kullanılan suların tuz derişiminin kesin üst sınırını vermek güçtür. Bitki gelişmesi ile su kalitesi arasındaki ilgi yanında, toprağın akaçlaması da önemli bir yer tutar. Geçirgenliği fazla, akaçlaması iyi tarım topraklarında, su tuzlu da olsa bitkilerin gelişmesini engellemez. Tersine, geçirgenliği ve

akaçlaması fena zeminlerde, su az tuzlu olsa bile, bitki köklerinde tuz birikmeleri meydana gelerek bitkilerin gelişmesi güçleşir. Toplam tuz derişiminden çok, suda bulunan sodyum ve bor gibi bazı iyonların miktarı bitkilerin gelişmesini etkiler. Böylece, bitkilerin gelişmesini su kalitesinden başka, toprağın cinsi, geçirgenliği, akaçlaması, iklim koşulları, kullanılan su miktarı, bitki türü, sulama şekilleri ve uygulanan yetiştirme yöntemleri de etkiler (Şahinci, 1991). Sulama sularının sınıflamasında en yaygın olanları ve bu çalışmada kullanılanları aşağıda sunulmuştur.

**Sodyum tehlikesi (Sodium Adsorption Ratio = SAR) (Richards, 1954):** Sulama sularında sodyum miktarı önemli bir yer tutar. Toprağın yapısını bozarak, geçirgenliğini azaltan ve sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğrulan sodyum, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olur ve bitki köklerinin havalanması engellenir; ayrıca, sodyum, bitkiler için zehirli bir ortam yaratır. Cinsine bakılmaksızın, sodyumca doymun topraklarda bitkiler çok az gelişir veya yetişmezler. Sudaki sodyum miktarı % olarak şöyle bulunur:

$$\%Na = (rNa + rK)100 / (rCa + rMg + rNa + rK) \quad (r: \text{meq/l})$$

bu bağıntı yerine, daha kullanışlı olan eşitlik şöyledir:

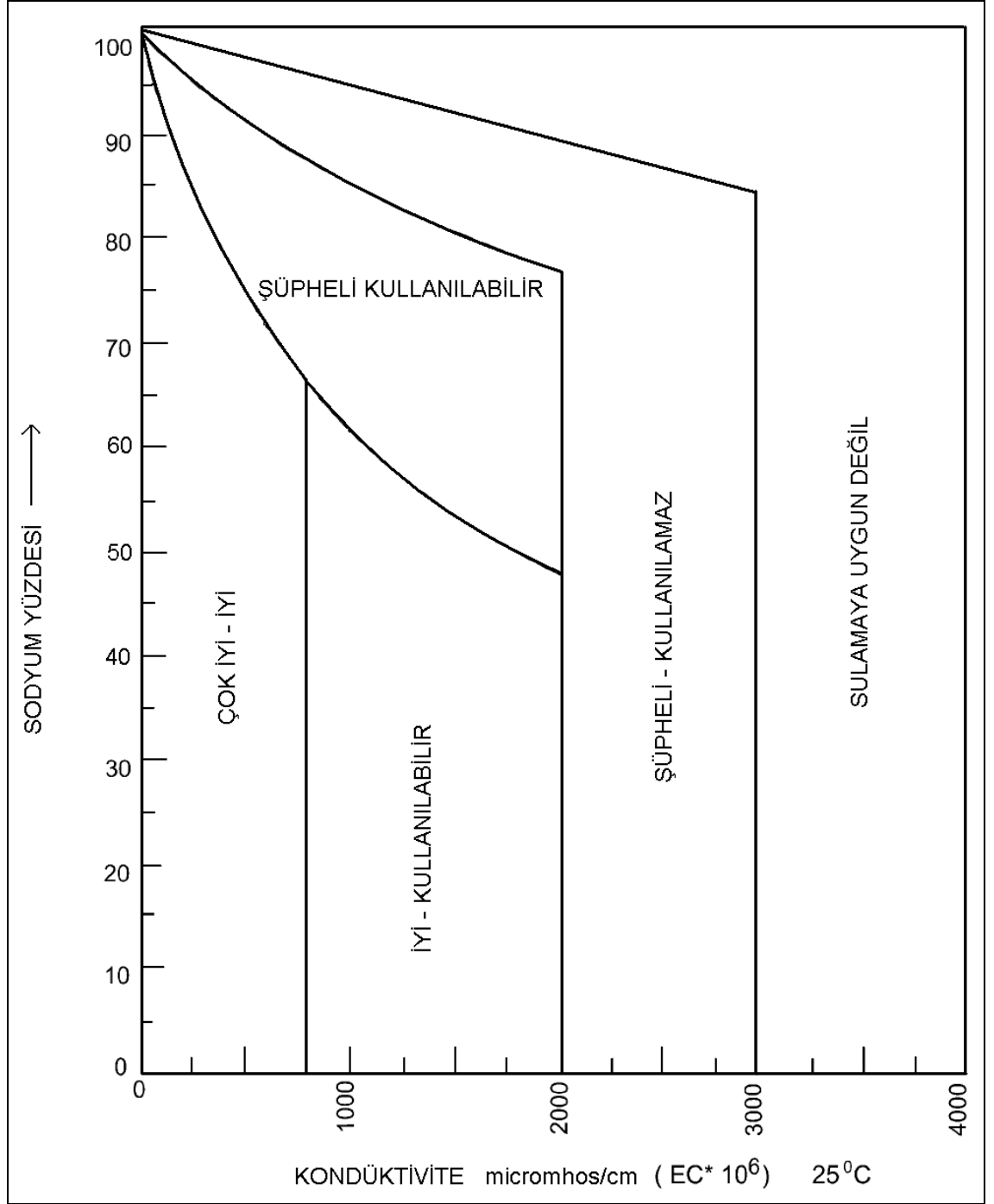
$$SAR = Na / ((rCa + rMg) / 2)^{1/2}$$

SAR'a göre sulama suları aşağıdaki şekilde sınıflanır:

SAR (%)

Çok iyi özellikte sulama suları .....	10'dan az
İyi özellikte sulama suları .....	10-18
Orta özellikte sulama suları .....	18-26
Fena özellikte sulama suları .....	26'dan fazla

**Wilcox diyagramı (Wilcox, 1955):** Bu diyagramda düşey eksene % Na miktarı, yatay eksende elektriksel iletkenlik gösterilmiştir. Suyun kimyasal analizlerinde % Na hesaplanarak düşey eksen üzerine işaretlenir ve bu noktadan yatay eksene bir paralel çizilir. Verilen elektriksel iletkenlik yatay eksende bulunarak, bu noktadan yatay eksene bir dik çıkılır ve % Na' dan çizilen paraleli kestiği nokta, suyun özelliğini verir. Wilcox diyagramına (Şekil 3.19) ve bitkilerin bora karşı duyarlığına göre sulama suları sınıflandırılabilir.



Şekil 3.19. Örnek bir Wilcox diyagramı

**ABD tuzluluk diyagramı (Richards, 1954):** Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda (Şekil 3.20) sulama suları 16 sınıfa ayrılmıştır. Düşey ekseninde SAR değeri, yatay ekseninde ise elektriksel iletkenlik (EC) bulunur. Suyun sınıfının saptanması, Wilcox diyagramında olduğu gibidir. Bu diyagramın yorumu şöyledir:

Genel tuzluluk özellikleri:

C1 (EC 250 mikromho/cm'den az), az tuzlu sular: her toprakta, tüm bitkilerin sulanmasına uygundur,

C2 (EC 250-750 mikromho/cm arası), orta tuzlu sular: orta akaçlama özelliğindeki topraklarda, tuzluluk tehlikesi olmadan tüm bitkiler sulanabilir,

C3 (EC 750-2250 mikromho/cm arası), tuzlu sular: akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamaz. Zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki sular kullanılacaksa, tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir,

C4 (EC 2250 mikromho/cm'den fazla), çok tuzlu sular: Geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmelidir ve tuza fazla dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

Genel sodyum tehlikesi özellikleri:

S1, az sodyumlu sular: hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir,

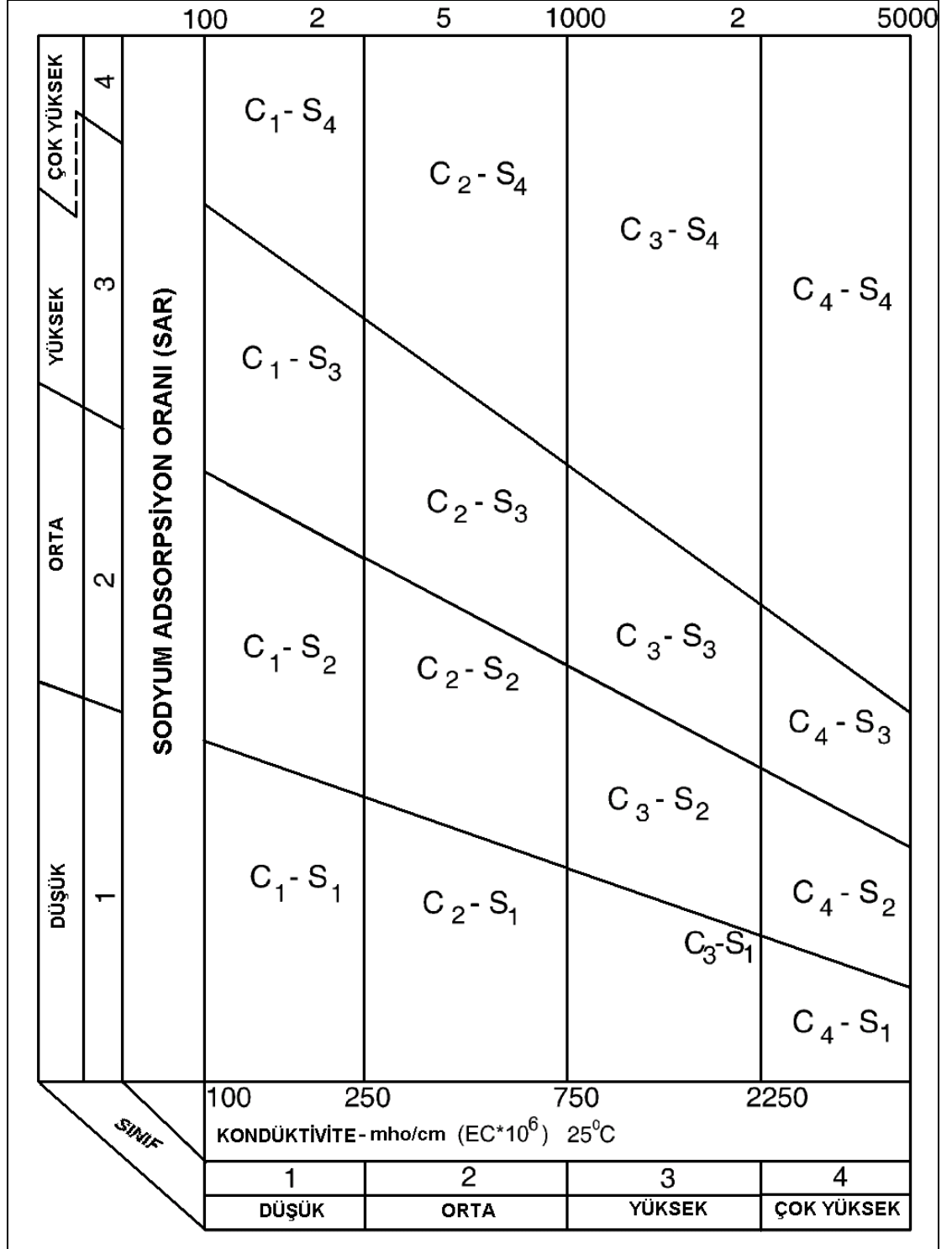
S2, orta sodyumlu sular: geçirgen veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir. Yıkama ile toprağın tuzluluğu azaltılıyorsa, özellikle bu tip sular kullanılmalıdır.

S3, yüksek sodyumlu sular: bir çok toprak cinslerinde sodyum tehlikesi olabilir. Çok iyi geçirgen ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal analizlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir,

S4, çok yüksek sodyumlu sular: genel olarak, sulama için uygun değildir. Ancak, suyun toplam tuz miktarı düşük ise, sulamada kullanılabilir.

Böylece, C1S1, C2S1, C3S1 her türlü sulamada, C4S1, C3S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4S2, C4S3 sulamada kullanılamaz. Ancak, Türkiye gibi yarı-kurak ülkeler, oldukça tuzlu suları sulamada kullanmak zorundadırlar. Suyun pH'ı, sulamada önemli bir yer tutar ve genel olarak pH 9'u geçmemelidir. Toplam iyon miktarı 7.5 meq/l'den az sular, genellikle her türlü sulamaya uygundur. İyon miktarı arttıkça suyun sulama özelliği azalır ve bu değer 22.5 meq/l'yi geçtiğinde sulama için elverişli değildir. Bu sınıflamadan

yararlanarak, değişik bitki türlerinin tuza karşı duyarlılıkları belirlenmiştir. Bu çalışmada, sular, sulama amacıyla yukarıda belirtilen sınıflamalara tabi tutulmuştur.



Şekil 3.20. Örnek bir ABD Tuzluluk Diyagramı

### 3.2.3.3. Hidrokimyasal fasiyes sınıflaması

Hidrokimyasal fasiyes terimi, jeologlar tarafından kullanılan fasiyes tanımının bir başka ifadesidir. Fasiyes, herhangi bir cisim veya sistemin birbirinden farklı fakat birbiriyle jenetik (köken) olarak ilişkili parçaları olarak tanımlanır (Freeze and Cherry, 1979). Bir akiferde su akarken litolojik yapıyla etkileşime uygun karakteristik bir kimyasal bileşim sunar. Hidrokimyasal fasiyes terimi, bir akiferde kimyasal bileşimleri farklı olan YAS kütlelerini tanımlamak için kullanılır. Söz konusu fasiyesler akiferin litolojisinin, çözelti kinetiklerinin ve akış paternlerinin bir fonksiyonudur (Fetter, 2001; Back, 1960; 1966). Bu bölümde suların kökensel sınıflaması, aşağıda açıklanan Piper Diyagramı ve Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı'na göre yapılmıştır.

**Piper diyagramı (Piper, 1944):** Suları gruplandırmak ve tiplerini belirlemede kullanılan bu diyagramlar bir eşkenar üçgenden ibarettir (Şekil 3.21). Bu metotta iyonlar % meq/L değerleri ile diyagrama geçirilir. Anyonlar ve katyonlar için ayrı ayrı birer üçgen kullanılabilirdiği gibi, tek bir üçgene hem anyon hem katyonlarda işaretlenebilir. Eşkenar dörtgende suyu temsil eden noktanın bulunduğu bölge suyun ana karakterini gösterir. Bütün sular için noktalar işaretlendiğinde, aynı kökenli sular yaklaşık olarak aynı bölgede toplanır. Böylece üçgen diyagramlar suların tiplerini belirlemek ve suları gruplandırmakta faydalı olurlar. Bu sınıflamaya göre her bir üçgende anyon ve katyonların kimyasal özelliklerini saptamak mümkündür; ayrıca, paralel kenar diyagram dokuz bölüme ayrılmıştır.

-1 nolu alan: Alkali toprak elementler (Ca+Mg) > Alkali elementler (Na+K)

-2 nolu alan: (Ca+Mg) < (Na+K)

-3 nolu alan: Zayıf asit kökleri (CO<sub>3</sub><sup>=</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) > Güçlü asit kökleri (Cl<sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>=</sup>)

- 4 nolu alan: (SO<sub>4</sub><sup>=</sup> + Cl<sup>-</sup>) > (CO<sub>3</sub><sup>=</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

- 5 nolu alan: Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular

- 6 nolu alan: Karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular;

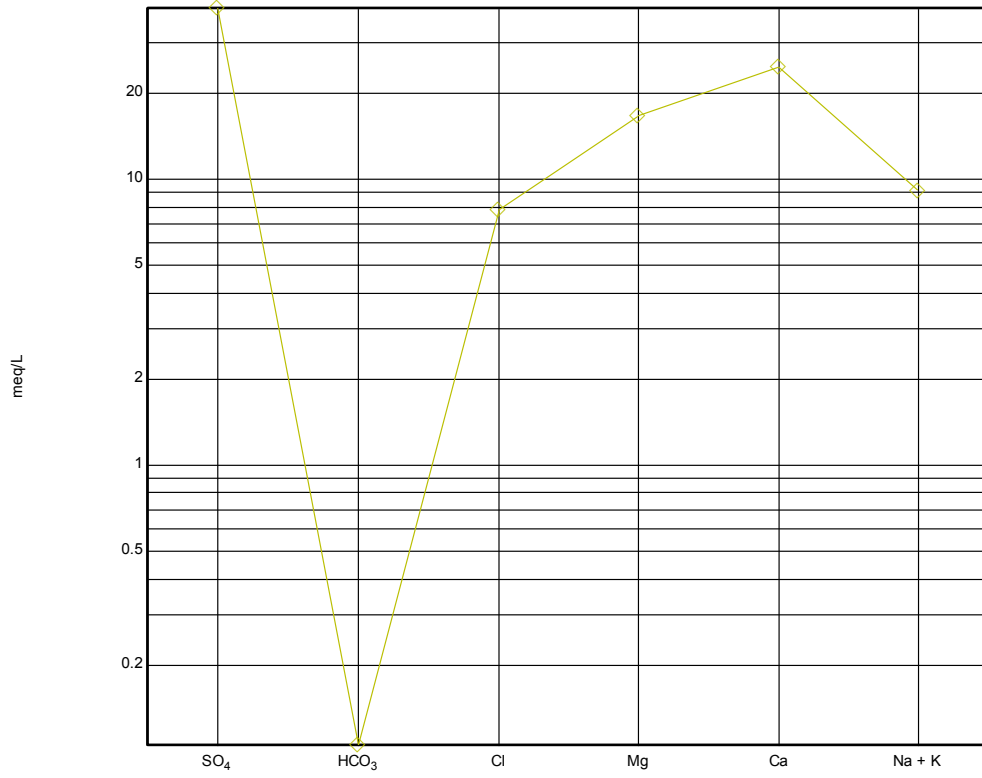
CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>

- 7 nolu alan: Karbonat olmayan alkalitesi %50'den fazla olan sular:

NaCl, KCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz ve çok acı sular bu alanda yer alır;







Şekil 3.22. Örnek bir yarı logaritmik Schoeller diyagramı

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Harran Ovası derin akiferini temsil eden 11 adet kuyu seçilmiştir. Bu kuyulardan Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde ve laboratuvarında analizler yapılmıştır. Ölçüm ve analiz yapılan parametreler: pH, Sıcaklık, EC, TDS, Bulanıklık,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $HCO_3^-$ , hesaplanan parametreler ise toplam sertlik, SAR ve %Na'dır.

Bu bölümde yapılan analiz ve ölçümlerin sonuçları her örnekleme noktası için ayrı ayrı verilmiştir. Değerlendirmelerde şu sıra takip edilmiştir:

- Kuyu profili
- Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi
- İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflamalar
- Sulama suyu kalitesi açısından sınıflamalar
- Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflamaları

#### 4.1. Örneklem noktası 01 Şanlıyağ

##### 4.1.1. Kuyu profili

Örneklem noktası 41044466,627 D boylamında ve 485814,935 K enleminde yer almakta olup, kotu 463 m' dir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. 01 Şanlıyağ örnekleme noktası ve örnek alımı

## 4.1.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

01 Şanlıyağ örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 01 Şanlıyağ örnekleme noktası														
	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.41	7.05	7.25	7.39	7.20	7.41	7.53	7.48	7.47	7.05	7.53	7.35	2.33
Sıcaklık	°C	20.90	20.20	20.00	20.30	20.01	19.90	21.70	21.50	21.50	19.90	21.70	20.67	6.57
EC	µS/cm	525.00	520.00	517.00	514.00	518.00	521.00	519.00	527.00	530.00	514.00	530.00	521.22	164.90
TDS	mg/L	341.00	338.00	336.05	336.00	336.70	339.00	338.00	343.00	344.00	336.00	344.00	339.08	107.26
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	82.00	80.00	79.60	78.80	79.60	72.79	71.81	74.74	81.00	71.81	82.00	77.82	24.86
	meq/L	4.10	4.00	3.98	3.94	3.98	3.64	3.59	3.74	4.05	3.59	4.10	3.89	1.24
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	7.53	6.86	6.47	6.51	6.40	6.76	6.29	6.53	6.60	6.29	7.53	6.66	2.13
	meq/L	0.62	0.56	0.53	0.54	0.53	0.56	0.52	0.54	0.54	0.52	0.62	0.55	0.18
Na <sup>+</sup>	mg/L	12.05	12.95	12.90	13.20	13.10	12.93	12.81	12.47	12.75	12.05	13.20	12.80	4.06
	meq/L	0.52	0.56	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.54	0.55	0.52	0.57	0.56	0.18
K <sup>+</sup>	mg/L	3.30	3.40	3.51	3.63	3.76	3.96	4.62	4.92	5.10	3.30	5.10	4.02	1.43
	meq/L	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.12	0.13	0.13	0.08	0.13	0.10	0.04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	37.57	38.01	15.30	0.04	7.20	15.02	41.54	43.31	47.74	0.04	47.74	27.30	18.89
	meq/L	0.61	0.61	0.25	0.00	0.12	0.24	0.67	0.70	0.77	0.00	0.77	0.44	0.30
Cl <sup>-</sup>	mg/L	17.00	39.00	38.00	39.50	41.00	54.00	19.00	22.00	26.00	17.00	54.00	32.83	15.64
	meq/L	0.48	1.10	1.07	1.11	1.16	1.52	0.54	0.62	0.73	0.48	1.52	0.93	0.44
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	15.80	27.07	28.60	30.83	24.80	19.50	15.62	20.25	22.00	15.62	30.83	22.72	8.84
	meq/L	0.33	0.56	0.60	0.64	0.52	0.41	0.33	0.42	0.46	0.33	0.64	0.47	0.18
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	219.60	200.00	198.86	195.20	195.81	189.70	185.00	190.00	192.00	185.00	219.60	196.24	62.76
	meq/L	3.60	3.28	3.26	3.20	3.21	3.11	3.03	3.11	3.15	3.03	3.60	3.22	1.03
Toplam Sertlik	mg CaCO <sub>3</sub> /L	236.00	228.23	225.63	223.79	225.34	209.79	205.41	213.72	229.66	205.41	236.00	221.95	70.83
%Na	-	11.40	12.46	12.60	12.96	12.87	13.65	14.11	13.52	12.97	11.40	14.11	12.95	4.16
SAR	-	0.30	0.37	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.37	0.37	0.30	0.39	0.37	0.12

#### 4.1.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

01 Şanlıyağ örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** 01 Şanlıyağ örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	X							
pH	X							
EC, µS/cm (20 °C)					X		X	X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l		X			X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X				X		X	X
Bulanıklık (NTU)					X		X	

01 Şanlıyağ örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve Cl<sup>-</sup> parametreleri açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre sadece Cl<sup>-</sup> açısından MAC değerinde iken diğer parametreler açısından GL' dir. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “çok iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-01). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

#### 4.1.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 01 Şanlıyağ örnekleme noktası, 0,30-0,39 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-12). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-23)

#### 4.1.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 01 Şanlıyağ örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-34). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 45).

#### 4.2. Örnekleme noktası 2 Uğurlu

##### 4.2.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4095613,764 D boylamında ve 500339,267 K enleminde yer almakta olup, kotu 461 m dir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. 02 Uğurlu örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.2.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

02 Uğurlu örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3. 02 Uğurlu örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
<i>pH</i>	-	7.53	7.25	7.35	7.62	7.59	7.50	7.70	7.60	7.64	7.25	7.70	7.53	0.15
<i>Sıcaklık</i>	°C	24.00	20.80	19.20	18.60	19.30	21.20	25.90	23.00	23.80	18.60	25.90	21.76	2.54
<i>EC</i>	µS/cm	304.00	312.00	325.00	340.00	327.00	319.00	314.00	318.00	319.00	304.00	340.00	319.78	10.22
<i>TDS</i>	mg/L	198.10	205.00	211.25	221.00	212.55	207.00	204.00	207.00	207.00	198.10	221.00	208.10	6.39
<i>Bulanıklık</i>	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ca<sup>+2</sup></i>	mg/L	50.40	54.00	53.00	55.00	53.00	48.62	48.87	49.99	53.20	48.62	55.00	51.79	2.34
	meq/L	2.52	2.70	2.65	2.75	2.65	2.43	2.44	2.50	2.66	2.43	2.75	2.59	0.12
<i>Mg<sup>+2</sup></i>	mg/L	3.59	4.10	4.90	5.60	5.40	5.15	4.81	4.94	5.80	3.59	5.80	4.92	0.70
	meq/L	0.30	0.34	0.40	0.46	0.44	0.42	0.40	0.41	0.42	0.30	0.46	0.40	0.05
<i>Na<sup>+</sup></i>	mg/L	3.65	3.85	3.80	3.72	3.65	3.62	2.62	2.25	2.41	2.25	3.85	3.29	0.65
	meq/L	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.11	0.10	0.10	0.10	0.17	0.14	0.03
<i>K<sup>+</sup></i>	mg/L	1.05	1.28	1.00	0.89	0.88	0.93	1.09	0.90	0.95	0.88	1.28	1.00	0.13
	meq/L	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	mg/L	16.35	16.35	20.30	24.75	15.30	13.70	15.02	21.21	24.80	13.70	24.80	18.64	4.24
	meq/L	0.26	0.26	0.33	0.40	0.25	0.22	0.24	0.34	0.40	0.22	0.40	0.30	0.07
<i>Cl<sup>-</sup></i>	mg/L	10.00	29.00	22.70	16.00	45.40	81.60	9.00	5.20	5.40	5.20	81.60	24.92	24.95
	meq/L	0.28	0.82	0.64	0.45	1.28	2.30	0.25	0.15	0.15	0.15	2.30	0.70	0.70
<i>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></i>	mg/L	18.70	20.73	29.80	38.21	30.60	20.72	5.79	6.34	7.15	5.79	38.21	19.78	11.70
	meq/L	0.39	0.43	0.62	0.80	0.64	0.43	0.12	0.13	0.15	0.12	0.80	0.41	0.25
<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	mg/L	122.00	103.70	115.90	109.19	73.20	140.30	148.00	142.00	145.00	73.20	148.00	122.14	24.64
	meq/L	2.00	1.70	1.90	1.79	1.20	2.30	2.43	2.33	2.38	1.20	2.43	2.00	0.41
<i>Toplam Sertlik CaCO<sub>3</sub>/L</i>	mg	140.80	151.87	152.66	160.55	154.72	142.74	141.97	145.30	153.91	140.80	160.55	149.39	6.89
<i>%Na</i>	-	6.20	6.18	5.88	5.44	5.53	5.97	4.76	3.99	4.02	3.99	6.20	5.33	0.87
<i>SAR</i>	-	0.10	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.08	0.08	0.08	0.14	0.11	0.02

### 4.2.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

02 Uğurlu örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** 02 Uğurlu örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X				X		X	X
Bulanıklık (NTU)					X		X	

02 Uğurlu örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; tüm parametreler açısından 1. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre tüm parametreler açısından GL' dir. WHO (1993)'e göre, EC parametresi dışında diğer parametreler MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “çok iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-02). Toplam sertlik açısından 75-150 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “orta sertlikte sular” sınıfındadır.

### 4.2.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 02 Uğurlu örnekleme noktası, 0,8-0,14 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-13). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-24)



#### 4.2.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 02 Uğurlu örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-35). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 46).

### 4.3. Örnekleme noktası 03 Yardımcı

#### 4.3.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4097186,632 D boylamında ve 500339,267 K enleminde yer almakta olup, kotu 402 m dir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. 03 Yardımcı örnekleme noktası ve örnek alımı

#### 4.3.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

03 Yardımcı örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.5 de verilmiştir.

Çizelge 4.5. 03 Yardımcı örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.42	7.16	7.27	7.35	7.32	7.20	7.51	7.52	7.60	7.16	7.60	7.37	0.15
Sıcaklık	°C	22.30	20.20	20.00	21.00	21.50	19.60	24.50	22.50	24.50	19.60	24.50	21.79	1.83
EC	µS/cm	636.00	679.00	642.00	614.00	629.00	653.00	584.00	595.00	567.00	567.00	679.00	622.11	35.56
TDS	mg/L	414.00	441.00	417.30	399.00	408.85	434.00	380.00	386.00	375.00	375.00	441.00	406.13	23.17
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	70.60	78.00	72.40	62.00	69.80	60.00	60.61	63.78	57.80	57.80	78.00	66.11	6.83
	meq/L	3.53	3.90	3.62	3.10	3.49	3.00	3.03	3.19	2.89	2.89	3.90	3.31	0.34
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	19.21	20.30	23.40	25.80	22.50	21.72	21.96	23.44	23.21	19.21	25.80	22.39	1.92
	meq/L	1.58	1.67	1.93	2.12	1.85	1.79	1.81	1.93	1.91	1.58	2.12	1.84	0.16
Na <sup>+</sup>	mg/L	18.60	19.80	21.00	22.60	21.70	20.13	17.88	19.22	20.40	17.88	22.60	20.15	1.49
	meq/L	0.81	0.86	0.91	0.98	0.94	0.88	0.78	0.84	0.93	0.78	0.98	0.88	0.07
K <sup>+</sup>	mg/L	1.15	1.28	1.25	1.23	0.80	0.50	1.13	1.15	1.20	0.50	1.28	1.08	0.26
	meq/L	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01
NO <sub>3</sub>	mg/L	46.41	75.58	50.30	29.61	41.60	59.52	36.68	33.59	11.20	11.20	75.58	42.72	18.44
	meq/L	0.75	1.22	0.81	0.48	0.67	0.96	0.59	0.54	0.18	0.18	1.22	0.69	0.30
Cl <sup>-</sup>	mg/L	24.00	64.00	40.90	21.00	54.00	70.00	18.00	24.00	29.00	18.00	70.00	38.32	19.77
	meq/L	0.68	1.80	1.15	0.59	1.52	1.97	0.51	0.68	0.82	0.51	1.97	1.08	0.55
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	74.20	39.98	55.40	72.96	50.40	36.33	91.65	68.47	70.01	36.33	91.65	62.16	17.94
	meq/L	1.54	0.83	1.15	1.52	1.05	0.76	1.91	1.43	1.46	0.76	1.91	1.29	0.37
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	152.50	187.50	192.76	223.26	186.05	176.90	180.00	184.00	189.00	152.50	223.26	185.77	18.34
	meq/L	2.50	3.07	3.16	3.66	3.05	2.90	2.95	3.02	3.10	2.50	3.66	3.05	0.30
Toplam Sertlik CaCO <sub>3</sub> /L	mg	255.60	278.54	277.30	261.17	267.09	239.38	241.90	255.91	240.00	239.38	278.54	257.43	15.10
%Na	-	14.10	13.82	14.56	16.26	15.29	15.65	14.29	14.46	16.68	13.82	16.68	15.01	1.01
SAR	-	0.50	0.52	0.55	0.61	0.58	0.57	0.50	0.52	0.60	0.50	0.61	0.55	0.04

### 4.3.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

03 Yardımcı örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** 03 Yardımcı örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)					X		X	

03 Yardımcı örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; NO<sub>3</sub> ve Cl<sup>-</sup> parametreleri açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> açısından MAC değerinde iken diğer parametreler açısından GL' dir. WHO (1993)'e EC parametresi dışında MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC'dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-03). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

### 4.3.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 03 Yardımcı örnekleme noktası, 0,50-0,61 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-14). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-25)

#### 4.3.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 03 Yardımcı örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-36). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “Ca<sup>+2</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 47).

#### 4.4. Örnekleme noktası 4 Baykuş

##### 4.4.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4087372,684 D boylamında ve 492161,246 K enleminde yer almakta olup, kotu 383 m dir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. 04 Baykuş örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.4.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

04 Baykuş örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Çizelge 4.7.04 Baykuş örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
<i>pH</i>	-	7.45	7.11	7.30	7.64	7.42	7.10	7.56	7.54	7.53	7.10	7.64	7.41	0.20
<i>Sıcaklık</i>	°C	22.50	19.80	18.20	15.60	16.00	16.20	22.50	21.50	23.50	15.60	23.50	19.53	3.12
<i>EC</i>	µS/cm	485.00	521.00	525.00	527.00	528.00	527.00	543.00	552.00	524.00	485.00	552.00	525.78	18.31
<i>TDS</i>	mg/L	315.00	340.00	341.25	343.00	342.20	342.00	353.00	359.00	340.00	315.00	359.00	341.72	11.98
<i>Bulanıklık</i>	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ca<sup>+2</sup></i>	mg/L	44.00	51.00	32.00	36.60	52.80	55.42	58.71	60.64	60.80	32.00	60.80	50.22	10.51
	meq/L	2.20	2.55	1.60	1.83	2.64	2.77	2.94	3.03	3.04	1.60	3.04	2.51	0.53
<i>Mg<sup>+2</sup></i>	mg/L	20.66	21.90	23.40	22.70	21.60	18.45	18.76	19.37	19.44	18.45	23.40	20.70	1.79
	meq/L	1.70	1.80	1.93	1.87	1.78	1.52	1.54	1.59	1.60	1.52	1.93	1.70	0.15
<i>Na<sup>+</sup></i>	mg/L	20.05	21.10	21.70	23.40	20.00	18.50	19.12	17.98	18.60	17.98	23.40	20.05	1.76
	meq/L	0.87	0.92	0.94	1.02	0.87	0.80	0.83	0.78	0.81	0.78	1.02	0.87	0.08
<i>K<sup>+</sup></i>	mg/L	0.60	0.96	0.80	0.72	0.50	0.32	0.59	0.53	0.62	0.32	0.96	0.63	0.18
	meq/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	mg/L	27.40	28.28	31.65	34.91	38.12	27.40	35.80	37.57	9.16	9.16	38.12	30.03	8.91
	meq/L	0.44	0.46	0.51	0.56	0.61	0.44	0.58	0.61	0.15	0.15	0.61	0.48	0.14
<i>Cl<sup>-</sup></i>	mg/L	36.00	50.00	38.70	24.00	41.90	63.00	57.00	45.00	35.00	24.00	63.00	43.40	11.94
	meq/L	1.01	1.41	1.09	0.68	1.18	1.78	1.61	1.27	0.99	0.68	1.78	1.22	0.34
<i>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></i>	mg/L	29.10	31.67	34.90	38.67	35.40	31.57	26.74	27.67	29.20	26.74	38.67	31.66	3.97
	meq/L	0.61	0.66	0.73	0.81	0.74	0.66	0.56	0.58	0.61	0.56	0.81	0.66	0.08
<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	mg/L	158.60	189.10	175.07	198.25	170.80	190.00	190.00	192.00	195.00	158.60	198.25	184.31	13.15
	meq/L	2.60	3.10	2.87	3.25	2.80	3.11	3.11	3.15	3.20	2.60	3.25	3.02	0.22
<i>Toplam Sertlik</i>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	195.00	217.50	223.21	213.93	220.89	214.48	223.98	231.31	232.00	195.00	232.00	219.14	11.13
<i>%Na</i>	-	18.50	17.80	17.76	19.49	16.65	15.93	15.89	14.67	15.09	14.67	19.49	16.86	1.62
<i>SAR</i>	-	0.60	0.62	0.63	0.70	0.59	0.55	0.56	0.51	0.53	0.51	0.70	0.59	0.06

#### 4.4.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

04 Baykuş örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.8'de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** 04 Baykuş örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık, °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)					X		X	

04 Baykuş örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; NO<sub>3</sub> ve Cl<sup>-</sup> parametreleri açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> açısından MAC' dır. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “çok iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-04). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

#### 4.4.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 04 Baykuş örnekleme noktası, 0,51-0,70 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-15). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-26)

#### 4.4.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 04 Baykuş örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-37). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 45).

#### 4.5. Örneklem noktası 5 Tahılan

##### 4.5.1. Kuyu profili

Örneklem noktası 4178659,531 D boylamında ve 497239,1 K enleminde yer almakta olup, kotu 358 m dir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. 05 Tahılan örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.5.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

05 Tahılan örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.9 da verilmiştir.

Çizelge 4.9.05 Tahılan örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.79	7.37	7.41	7.45	7.55	7.60	7.80	8.10	7.82	7.37	8.10	7.65	0.24
Sıcaklık	°C	26.40	24.50	21.00	23.30	23.40	23.50	28.00	26.70	27.50	21.00	28.00	24.92	2.35
EC	µS/cm	671.00	699.00	710.00	723.00	776.00	828.00	687.00	757.00	998.00	671.00	998.00	761.00	101.47
TDS	mg/L	436.00	456.00	461.50	470.00	504.40	538.00	446.00	490.00	649.00	436.00	649.00	494.54	65.98
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	51.20	48.00	40.00	28.00	36.80	88.76	61.66	67.04	98.98	28.00	98.98	57.83	23.82
	meq/L	2.56	2.40	2.00	1.40	1.84	4.44	3.08	3.35	4.90	1.40	4.90	2.89	1.18
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	24.30	31.90	38.70	46.80	45.90	42.32	30.34	33.60	37.67	24.30	46.80	36.84	7.50
	meq/L	2.00	2.63	3.19	3.85	3.78	3.48	2.50	2.77	3.10	2.00	3.85	3.03	0.62
Na <sup>+</sup>	mg/L	45.40	49.60	50.10	53.70	48.60	41.85	27.79	30.74	34.73	27.79	53.70	42.50	9.32
	meq/L	1.97	2.16	2.18	2.33	2.11	1.82	1.21	1.34	1.51	1.21	2.33	1.85	0.40
K <sup>+</sup>	mg/L	1.45	2.02	1.86	1.60	1.75	1.84	1.31	1.34	1.40	1.31	2.02	1.62	0.26
	meq/L	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.04	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	15.02	32.57	30.10	28.28	20.90	14.14	19.00	19.89	21.70	14.14	32.57	22.40	6.52
	meq/L	0.24	0.53	0.49	0.46	0.34	0.23	0.31	0.32	0.35	0.23	0.53	0.36	0.11
Cl <sup>-</sup>	mg/L	24.00	54.00	68.70	85.00	83.40	82.00	44.00	55.00	57.00	24.00	85.00	61.46	20.42
	meq/L	0.68	1.52	1.94	2.40	2.35	2.31	1.24	1.55	1.61	0.68	2.40	1.73	0.58
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	114.40	124.90	125.60	126.17	150.45	173.55	95.36	131.53	143.38	95.36	173.55	131.70	22.29
	meq/L	2.38	2.60	2.61	2.63	3.13	3.61	1.99	2.74	2.99	1.99	3.61	2.74	0.46
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	189.10	218.70	142.74	134.20	119.56	200.00	205.00	186.00	280.60	119.56	280.60	186.21	49.44
	meq/L	3.10	3.59	2.34	2.20	1.96	3.28	3.36	3.05	4.60	1.96	4.60	3.05	0.81
Toplam Sertlik	mg CaCO <sub>3</sub> /L	228.00	251.28	259.26	262.59	280.89	396.06	279.01	305.87	400.00	228.00	400.00	295.88	61.78
%Na	-	30.60	30.53	30.03	31.15	27.75	19.07	18.20	18.31	16.19	16.19	31.15	24.65	6.47
SAR	-	1.30	1.36	1.35	1.44	1.26	0.91	0.72	0.76	0.76	0.72	1.44	1.10	0.30



### 4.5.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

05 Tahılan örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.10'de verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** 05 Tahılan örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık, °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)						X		X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)	X							

05 Tahılan örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; Cl<sup>-</sup> parametresi açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre EC, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> açısından MAC değerindedir. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-05). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

### 4.5.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 05 Tahılan örnekleme noktası, 0,72-1,44 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-16). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” ve “C3-S1” sınıfındadır (EK-27)

#### 4.5.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 05 Tahılan örnekleme noktası “İyonlarının hiçbirini %50 yi geçmeyen, karışık sular” sınıfındadır (EK-38). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “Ca<sup>+2</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 49).

#### 4.6. Örneklemeye noktası 6 İmam Bakır

##### 4.6.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4080549,987 D boylamında ve 504873,563 K enleminde yer almakta olup, kotu 371 m dir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. 06 İmam Bakır örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.6.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

06 İmam Bakır örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.11 de verilmiştir.

Çizelge 4.11. 06 İm am Bakır örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.55	7.19	7.23	7.25	7.20	7.10	7.30	7.08	7.25	7.08	7.55	7.24	0.14
Sıcaklık	°C	27.70	26.40	20.30	15.00	15.10	15.20	25.50	27.00	28.60	15.00	28.60	22.31	5.89
EC	µS/cm	913.00	950.00	1425.00	1777.00	2000.00	2170.00	2510.00	4870.00	5000.00	913.00	5000.00	2401.67	1530.45
TDS	mg/L	594.00	614.00	926.25	1155.00	1300.00	1413.00	1632.00	3165.00	3250.00	594.00	3250.00	1561.03	995.00
Bulanıklık	NTU	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.56	0.53
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	51.60	62.00	122.00	172.00	197.00	180.00	220.40	415.30	512.00	51.60	512.00	214.70	154.32
	meq/L	2.58	3.10	6.10	8.60	9.51	9.00	11.02	20.77	25.60	2.58	25.60	10.70	7.72
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	37.56	41.60	53.70	61.65	72.80	83.49	95.86	111.90	128.79	37.56	128.79	76.37	31.42
	meq/L	3.09	3.42	4.42	5.07	5.99	6.87	7.89	9.21	10.60	3.09	10.60	6.28	2.59
Na <sup>+</sup>	mg/L	70.60	72.50	82.70	90.10	100.90	131.90	143.50	291.20	317.40	70.60	317.40	144.53	94.14
	meq/L	100.70	3.15	3.60	3.92	4.39	5.73	6.24	12.66	13.80	3.15	100.70	17.13	31.58
K <sup>+</sup>	mg/L	2.75	3.29	4.45	4.94	4.38	3.74	4.92	2.36	2.90	2.36	4.94	3.75	0.97
	meq/L	0.07	0.08	0.11	0.13	0.11	0.10	0.13	0.06	0.07	0.06	0.13	0.10	0.03
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	57.46	55.69	44.90	36.24	80.40	110.05	71.60	585.60	725.40	36.24	725.40	196.37	263.51
	meq/L	0.93	0.90	0.72	0.58	1.30	1.78	1.15	9.45	11.70	0.58	11.70	3.17	4.25
Cl <sup>-</sup>	mg/L	60.00	59.00	95.60	127.00	165.90	210.00	354.70	496.60	681.20	59.00	681.20	250.00	217.35
	meq/L	1.69	1.66	2.69	3.58	4.68	5.92	10.00	14.00	19.20	1.66	19.20	7.05	6.13
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	147.40	202.69	231.90	263.81	303.60	344.31	360.00	432.00	542.77	147.40	542.77	314.28	121.86
	meq/L	3.07	4.22	4.83	5.49	6.32	7.17	7.49	8.99	11.30	3.07	11.30	6.54	2.54
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	156.16	187.50	356.85	487.39	469.70	185.00	152.50	164.00	393.45	152.50	487.39	283.62	141.55
	meq/L	2.56	3.07	5.85	7.99	7.70	3.03	2.50	2.69	6.45	2.50	7.99	4.65	2.32
Toplam Sertlik	mg CaCO <sub>3</sub> /L	283.60	326.19	525.99	683.70	775.09	793.58	945.49	1498.74	1810.00	283.60	1810.00	849.15	510.91
%Na	-	35.60	33.16	26.07	22.82	22.49	26.87	25.18	29.79	27.71	22.49	35.60	27.74	4.43
SAR	-	1.80	1.75	1.57	1.50	1.58	2.04	2.03	3.27	3.24	1.50	3.27	2.09	0.69

#### 4.6.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

06 İmam Bakır örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.12'de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** 06 İmam Bakır örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık, °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)						X		X
TDS, mg/l			X					
Na <sup>+</sup> , mg/l			X			X	X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l				X				
Cl <sup>-</sup> , mg/l			X			X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l			X					
Bulanıklık (NTU)	X							

06 İmam Bakır örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; Sıcaklık, pH, bulanıklık parametrelerince 1. Sınıfta, TDS, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> parametrelerince 3. Sınıftadır. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> parametresi açısından 4. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre sadece pH açısından GL dir. EC dışında WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC'dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “kötü kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-06). Toplam sertlik açısından >300 mg CaCO<sub>3</sub>/L olduğundan dolayı “çok sert sular” sınıfındadır.

#### 4.6.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 06 İmam Bakır örnekleme noktası, 1,50-3,27 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “sulamaya uygun değil” sınıfındadır (EK-17). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C3-S1” sınıfındadır (EK-28)

#### 4.6.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 06 İmam Bakır örnekleme noktası “İyonların hiçbiri %50 yi geçmeyen karışık sular” sınıfındadır (EK-39). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Cl^-$  ve  $Ca^{+2}$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 50).

#### 4.7. Örneklemeye noktası 7 Bellitaş

##### 4.7.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4085603,22 D boylamında ve 511105,969 K enleminde yer almakta olup, kotu 374 m dir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. 07 Bellitaş örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.7.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

07 Bellitaş örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.13 de verilmiştir.

Çizelge 4.13. 07 Bellitaş örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.39	7.04	7.21	7.30	7.36	7.40	8.10	7.72	7.76	7.04	8.10	7.48	0.33
Sıcaklık	°C	20.60	12.80	12.60	12.30	14.50	15.10	20.40	24.50	27.50	12.30	27.50	17.81	5.64
EC	µS/cm	484.00	469.00	465.00	477.00	471.00	469.00	475.00	472.00	468.00	465.00	484.00	472.22	5.72
IDS	mg/L	315.00	305.00	302.25	310.00	306.15	305.00	309.00	309.00	304.00	302.25	315.00	307.27	3.88
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.33	0.50
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	50.60	46.00	29.00	39.80	41.00	50.47	45.12	46.28	48.00	29.00	50.60	44.03	6.74
	meq/L	2.53	2.30	1.45	1.99	2.05	2.52	2.36	2.31	2.40	1.45	2.53	2.21	0.34
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	14.58	22.40	21.30	20.60	19.40	17.83	14.65	14.67	16.80	14.58	22.40	18.03	3.05
	meq/L	1.20	1.84	1.75	1.70	1.60	1.47	1.21	1.21	1.38	1.20	1.84	1.48	0.25
Na <sup>+</sup>	mg/L	22.80	23.10	23.70	24.50	23.80	23.31	19.96	19.79	21.40	19.79	24.50	22.48	1.70
	meq/L	0.99	1.00	1.03	1.07	1.03	1.01	0.87	0.86	0.93	0.86	1.07	0.98	0.07
K <sup>+</sup>	mg/L	1.15	2.00	1.85	1.77	1.57	1.39	1.67	1.51	1.70	1.15	2.00	1.62	0.25
	meq/L	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	20.77	29.17	20.40	0.09	16.20	23.42	30.94	15.47	21.70	0.09	30.94	19.80	9.01
	meq/L	0.34	0.47	0.33	0.00	0.26	0.38	0.50	0.25	0.35	0.00	0.50	0.32	0.15
Cl <sup>-</sup>	mg/L	80.00	43.00	32.10	23.00	40.50	60.00	26.00	21.00	26.00	21.00	80.00	39.07	19.70
	meq/L	2.25	1.21	0.90	0.65	1.14	1.69	0.73	0.59	0.73	0.59	2.25	1.10	0.55
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	46.60	46.04	45.10	44.21	45.00	45.48	38.80	37.87	40.00	37.87	46.60	43.23	3.37
	meq/L	0.97	0.96	0.94	0.92	0.94	0.95	0.81	0.79	0.83	0.79	0.97	0.90	0.07
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	86.62	165.00	180.56	198.25	145.18	150.00	152.00	148.00	161.65	86.62	198.25	154.14	30.65
	meq/L	1.42	2.70	2.96	3.25	2.38	2.46	2.49	2.43	2.65	1.42	3.25	2.53	0.50
Toplam Sertlik	mg CaCO <sub>3</sub> /L	186.50	207.00	198.84	184.27	182.34	199.55	173.09	176.07	189.14	173.09	207.00	188.53	11.31
%Na	-	21.50	20.37	21.32	23.15	22.77	20.81	20.83	20.34	20.47	20.34	23.15	21.28	1.03
SAR	-	0.70	0.70	0.73	0.78	0.77	0.72	0.66	0.65	0.68	0.65	0.78	0.71	0.04

#### 4.7.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

07 Bellitaş örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.14'de verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** 07 Bellitaş örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)	X							

07 Bellitaş örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; Cl<sup>-</sup> parametreleri açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> açısından MAC değerindedir. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “çok iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-07). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

#### 4.7.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 07 Bellitaş örnekleme noktası, 1,50-3,27 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-18). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-29)

#### 4.7.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 07 Bellitaş örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-40). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “  $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 51).

### 4.8. Örneklemeye noktası 8 YİBO

#### 4.8.1. Kuyu profili

Örneklemeye noktası 4069255,559 D boylamında ve 494964,71 K enleminde yer almakta olup, kotu 357 m dir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. 08 YİBO örnekleme noktası ve örnek alımı

#### 4.8.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

08 YİBO örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.15 de verilmiştir.



**Çizelge 4.15. 08 YİBO örnekleme noktası**

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
<i>pH</i>	-	7.56	7.21	7.22	7.24	7.24	7.24	7.60	7.70	7.60	7.21	7.70	7.40	0.21
<i>Sıcaklık</i>	°C	24.20	22.50	21.70	20.60	22.10	23.20	25.00	25.40	26.40	20.60	26.40	23.46	1.92
<i>EC</i>	µS/cm	603.00	618.00	638.00	659.00	660.00	659.00	637.00	648.00	601.00	601.00	660.00	635.89	23.51
<i>TDS</i>	mg/L	393.00	399.00	415.03	428.00	429.00	428.00	414.00	425.00	391.00	391.00	429.00	413.56	15.54
<i>Bulanıklık</i>	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ca<sup>+2</sup></i>	mg/L	48.40	52.80	53.00	52.40	58.00	64.15	56.90	60.31	62.00	48.40	64.15	56.44	5.17
	meq/L	2.42	2.64	2.65	2.62	2.90	3.21	2.85	3.02	3.10	2.42	3.21	2.82	0.26
<i>Mg<sup>+2</sup></i>	mg/L	25.08	26.12	27.45	29.10	27.00	26.29	24.61	25.81	26.73	24.61	29.10	26.47	1.33
	meq/L	2.06	2.15	2.26	2.40	2.22	2.16	2.03	2.12	2.20	2.03	2.40	2.18	0.11
<i>Na<sup>+</sup></i>	mg/L	30.70	31.20	33.60	35.80	33.70	32.12	26.11	27.65	27.83	26.11	35.80	30.97	3.23
	meq/L	1.33	1.36	1.46	1.56	1.47	1.40	1.14	1.20	1.21	1.14	1.56	1.35	0.14
<i>K<sup>+</sup></i>	mg/L	1.10	1.38	1.20	1.13	0.76	0.00	0.85	0.87	0.95	0.00	1.38	0.92	0.39
	meq/L	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02	0.01
<i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	mg/L	22.54	25.63	20.40	0.07	15.90	24.31	29.61	35.80	37.82	0.07	37.82	23.56	11.27
	meq/L	0.36	0.41	0.33	0.00	0.26	0.39	0.48	0.58	0.61	0.00	0.61	0.38	0.18
<i>Cl<sup>-</sup></i>	mg/L	46.00	54.00	52.80	51.00	63.90	85.00	56.00	54.00	44.00	44.00	85.00	56.30	12.20
	meq/L	1.30	1.52	1.49	1.44	1.80	2.40	1.58	1.52	1.24	1.24	2.40	1.59	0.34
<i>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></i>	mg/L	81.50	59.38	65.60	72.93	68.60	63.04	62.91	65.69	68.00	59.38	81.50	67.52	6.53
	meq/L	1.70	1.24	1.37	1.52	1.43	1.31	1.31	1.37	1.42	1.24	1.70	1.41	0.14
<i>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></i>	mg/L	134.20	193.70	195.20	228.14	190.32	225.00	190.00	190.00	195.00	134.20	228.14	193.51	26.81
	meq/L	2.20	3.18	3.20	3.74	3.12	3.69	3.11	3.11	3.20	2.20	3.74	3.17	0.44
<i>Toplam Sertlik CaCO<sub>3</sub>/L</i>	mg	224.20	239.49	245.46	250.75	256.11	268.56	243.53	256.99	265.00	224.20	268.56	250.01	13.67
<i>%Na</i>	-	23.30	22.51	23.30	24.02	22.47	20.63	19.19	19.24	18.89	18.89	24.02	21.51	2.02
<i>SAR</i>	-	0.90	0.88	0.93	0.98	0.92	0.85	0.73	0.75	0.74	0.73	0.98	0.85	0.09

#### 4.8.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

08 YİBO örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.16'da verilmiştir.

**Çizelge 4.16.** 08 YİBO örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık, °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l		X			X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)	X							

08 YİBO örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; NO<sub>3</sub> ve Cl<sup>-</sup> parametreleri açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> açısından MAC' dır. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-08). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

#### 4.8.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 08 YİBO örnekleme noktası, 0,73-0,98 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-19). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-30)

#### 4.8.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 08 YİBO örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-41). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 52).

#### 4.9. Örnekleme noktası 9 Altuntepe

##### 4.9.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4063857,781 D boylamında ve 502631,149 K enleminde yer almakta olup, kotu 348 m dir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. 09 Altuntepe örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.9.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

09 Altuntepe örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. 09 Altuntepe örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.70	7.28	7.41	7.51	7.50	7.49	7.68	8.10	7.75	7.28	8.10	7.60	0.24
Sıcaklık	°C	28.60	25.80	24.10	23.40	24.80	25.10	28.00	28.30	28.50	23.40	28.60	26.29	2.07
EC	µS/cm	520.00	514.00	525.00	538.00	540.00	542.00	517.00	512.00	494.00	494.00	542.00	522.44	15.67
TDS	mg/L	338.00	334.00	341.25	350.00	351.00	352.00	336.00	334.00	321.00	321.00	352.00	339.69	10.12
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	41.80	50.00	39.20	44.00	43.00	47.71	41.53	41.25	41.00	39.20	50.00	43.28	3.47
	meq/L	2.09	2.50	1.96	2.20	2.15	2.39	2.08	2.06	2.05	1.96	2.50	2.16	0.17
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	22.40	24.90	27.60	27.90	27.40	25.23	22.56	24.16	24.91	22.40	27.90	25.23	2.06
	meq/L	1.84	2.05	2.27	2.30	2.26	2.08	1.86	1.99	2.05	1.84	2.30	2.08	0.17
Na <sup>+</sup>	mg/L	21.04	21.80	22.50	23.90	22.60	21.90	18.40	20.02	22.40	18.40	23.90	21.62	1.62
	meq/L	0.91	0.95	0.98	1.04	0.98	0.95	0.80	0.87	0.97	0.80	1.04	0.94	0.07
K <sup>+</sup>	mg/L	2.05	2.14	1.93	1.89	1.68	1.57	1.46	1.89	1.91	1.46	2.14	1.84	0.22
	meq/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	12.81	15.02	18.60	22.10	16.50	11.93	16.35	23.42	5.30	5.30	23.42	15.78	5.49
	meq/L	0.21	0.24	0.30	0.36	0.27	0.19	0.26	0.38	0.09	0.09	0.38	0.26	0.09
Cl <sup>-</sup>	mg/L	29.00	37.00	63.40	92.00	80.30	69.00	34.00	32.00	31.00	29.00	92.00	51.97	24.34
	meq/L	0.82	1.04	1.79	2.59	2.26	1.94	0.96	0.90	0.87	0.82	2.59	1.46	0.69
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	60.20	48.91	47.60	45.14	44.50	43.28	36.94	37.87	38.00	36.94	60.20	44.72	7.25
	meq/L	1.25	1.02	0.99	0.94	0.93	0.90	0.77	0.79	0.79	0.77	1.25	0.93	0.15
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	168.97	187.50	134.20	104.31	128.10	183.00	187.50	170.00	189.10	104.31	189.10	161.41	31.30
	meq/L	2.77	3.07	2.20	1.71	2.10	3.00	3.07	2.79	3.10	1.71	3.10	2.65	0.51
Toplam Sertlik	mg CaCO <sub>3</sub> /L	196.70	227.47	211.58	224.81	220.26	223.10	196.66	202.55	205.00	196.66	227.47	212.01	12.26
%Na	-	19.70	18.06	19.54	19.47	18.88	18.19	17.55	18.49	19.97	17.55	19.97	18.87	0.85
SAR	-	0.70	0.63	0.67	0.69	0.66	0.64	0.57	0.61	0.68	0.57	0.70	0.65	0.04

#### 4.9.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

09 Altuntepe örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** 09 Altuntepe örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık, °C			X					
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)	X							

09 Altuntepe örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; sadece Cl<sup>-</sup> parametresi açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> açısından MAC değerinde iken diğer parametreler açısından GL' dir. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC' dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “çok iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-09). Toplam sertlik açısından 150-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “sert sular” sınıfındadır.

#### 4.9.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 09 Altuntepe örnekleme noktası, 0,57-0,70 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-20). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-31)

#### 4.9.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 09 Altuntepe örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-42). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “  $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 53).

#### 4.10. Örnekleme noktası 10 Çiçekli

##### 4.10.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4106656,644 D boylamında ve 488925,568 K enleminde yer almakta olup, kotu 439 m dir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. 10 Çiçekli örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.10.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

10 Çiçekli örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.19 da verilmiştir.

Çizelge 4.19. 10 Çiçekli örnekleme noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.11	6.90	7.20	7.86	7.46	7.10	7.13	7.05	7.09	6.90	7.86	7.21	0.28
Sıcaklık	°C	19.10	18.90	16.60	11.90	15.80	20.00	20.50	20.20	21.00	11.90	21.00	18.22	2.95
EC	µS/cm	907.00	898.00	725.00	673.00	821.50	977.00	895.00	907.00	909.00	673.00	977.00	856.94	98.60
TDS	mg/L	590.00	582.00	471.25	575.00	533.98	635.00	582.00	590.00	591.00	471.25	635.00	572.25	45.80
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	94.50	96.00	65.00	50.00	87.00	120.80	100.60	113.40	113.80	50.00	120.80	93.46	23.34
	meq/L	4.73	4.80	3.25	2.50	4.35	6.04	5.03	5.67	5.69	2.50	6.04	4.67	1.17
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	21.30	20.80	24.60	26.80	24.10	25.55	20.60	22.65	23.69	20.60	26.80	23.34	2.17
	meq/L	1.75	1.75	2.02	2.21	1.98	2.10	1.70	1.86	1.95	1.70	2.21	1.92	0.17
Na <sup>+</sup>	mg/L	41.70	42.80	43.10	45.60	41.20	34.06	29.68	31.57	32.98	29.68	45.60	38.08	5.94
	meq/L	1.81	1.86	1.87	1.98	1.79	1.61	1.29	1.37	1.43	1.29	1.98	1.67	0.25
K <sup>+</sup>	mg/L	2.00	2.78	3.15	4.87	3.23	2.00	1.77	2.19	2.25	1.77	4.87	2.69	0.97
	meq/L	0.05	0.07	0.08	0.12	0.08	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.12	0.07	0.02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	41.10	43.31	24.60	11.05	16.60	21.21	34.47	0.05	9.60	0.05	43.31	22.44	14.85
	meq/L	0.66	0.70	0.40	0.18	0.27	0.34	0.56	0.00	0.15	0.00	0.70	0.36	0.24
Cl <sup>-</sup>	mg/L	88.00	103.00	100.50	95.00	110.50	118.00	106.00	94.00	96.15	88.00	118.00	101.24	9.26
	meq/L	2.48	2.90	2.83	2.68	3.11	3.33	2.99	2.65	2.71	2.48	3.33	2.85	0.26
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	39.70	33.67	34.10	34.57	33.90	32.96	24.89	10.05	16.81	10.05	39.70	28.96	9.73
	meq/L	0.83	0.70	0.71	0.72	0.71	0.69	0.53	0.21	0.35	0.21	0.83	0.61	0.20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	256.20	181.20	192.15	198.68	250.71	310.00	177.50	316.00	320.00	177.50	320.00	244.72	59.81
	meq/L	4.20	2.97	3.15	3.26	4.11	5.08	2.91	5.18	5.25	2.91	5.25	4.01	0.98
Toplam Sertlik	mg CaCO <sub>3</sub> /L	323.90	325.60	263.73	235.29	316.68	407.14	336.27	376.71	382.00	235.29	407.14	329.70	55.31
%Na	-	22.30	22.88	27.04	30.93	22.83	16.95	16.57	15.94	16.33	15.94	30.93	21.31	5.32
SAR	-	1.00	1.03	1.15	1.29	1.01	0.80	0.70	0.71	0.73	0.70	1.29	0.94	0.21

#### 4.10.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

10 Çiçekli örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.20'de verilmiştir.

**Çizelge 4.20.** 10 Çiçekli örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)						X		X
TDS, mg/l		X						
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l		X			X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l		X				X	X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X					X	X	X
Bulanıklık (NTU)	X							

10 Çiçekli örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; TDS, NO<sub>3</sub> ve Cl<sup>-</sup> parametreleri açısından 2. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre EC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve Cl<sup>-</sup> açısından MAC'dır. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC'dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-10). Toplam sertlik açısından >300 mg CaCO<sub>3</sub>/L olduğundan dolayı “çok sert sular” sınıfındadır.

#### 4.10.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 10 Çiçekli örnekleme noktası, 0,70 - 1,29 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-21). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C3-S1” sınıfındadır (EK-32)



#### 4.10.5. Hidrojeokimyasal fasiye sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 10 Çiçekli örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-43). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 54).

#### 4.11. Örnekleme noktası 11 Osmanbey

##### 4.11.1. Kuyu profili

Örnekleme noktası 4113762,212 D boylamında ve 499714,221 K enleminde yer almakta olup, kotu 467 m dir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. 11 Osmanbey örnekleme noktası ve örnek alımı

##### 4.11.2. Ölçülen ve analiz edilen parametrelerin aylık değişimi

11 Osmanbey örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar Çizelge 4.21 de verilmiştir.

Çizelge 4.21. 11 Osm anbey örneklem e noktası

	Birim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Min	Max	Ortalama	St.Sapma
pH	-	7.47	7.13	7.15	7.14	7.30	7.45	7.69	8.03	8.20	7.13	8.20	7.51	0.39
Sıcaklık	°C	26.90	21.00	20.50	20.70	20.90	21.20	22.60	24.90	26.70	20.50	26.90	22.82	2.64
EC	µS/cm	300.00	296.00	293.70	292.00	317.90	344.00	285.00	298.00	285.00	285.00	344.00	301.29	18.76
IDS	mg/L	194.80	192.60	190.91	189.00	206.64	224.00	184.00	193.40	185.00	184.00	224.00	193.59	12.53
Bulanıklık	NTU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca <sup>+2</sup>	mg/L	49.50	58.00	50.20	50.00	56.00	54.51	51.06	47.59	49.40	47.59	58.00	51.81	3.51
	meq/L	2.48	2.90	2.51	2.50	2.80	2.73	2.55	2.38	2.47	2.38	2.90	2.59	0.18
Mg <sup>+2</sup>	mg/L	1.05	1.30	1.75	2.00	1.95	1.82	2.15	1.65	1.95	1.05	2.15	1.74	0.35
	meq/L	0.09	0.11	0.14	0.16	0.16	0.15	0.18	0.14	0.16	0.09	0.18	0.14	0.03
Na <sup>+</sup>	mg/L	5.45	5.70	5.95	6.12	5.65	5.06	5.22	5.41	5.45	5.06	6.12	5.56	0.34
	meq/L	0.24	0.25	0.26	0.27	0.25	0.22	0.23	0.24	0.24	0.22	0.27	0.24	0.02
K <sup>+</sup>	mg/L	0.96	0.87	0.60	0.54	0.90	1.34	1.17	0.53	0.58	0.53	1.34	0.83	0.29
	meq/L	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
NO <sub>3</sub>	mg/L	14.20	14.14	13.30	12.81	17.90	22.54	16.79	18.56	5.10	5.10	22.54	15.04	4.85
	meq/L	0.23	0.23	0.21	0.21	0.29	0.36	0.27	0.30	0.08	0.08	0.36	0.24	0.08
Cl <sup>-</sup>	mg/L	28.00	34.00	23.80	14.00	9.20	5.32	7.00	6.00	6.60	5.32	34.00	14.88	10.90
	meq/L	0.79	0.96	0.67	0.39	0.26	0.15	0.20	0.17	0.19	0.15	0.96	0.42	0.31
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	6.60	22.65	21.80	22.04	20.60	19.00	7.27	8.20	10.00	6.60	22.65	15.35	7.09
	meq/L	0.14	0.47	0.45	0.46	0.43	0.40	0.15	0.17	0.21	0.14	0.47	0.32	0.15
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	112.85	112.85	97.60	109.19	136.64	145.00	150.00	120.00	146.40	97.60	150.00	125.61	19.16
	meq/L	1.85	1.85	1.60	1.79	2.24	2.38	2.26	1.97	2.40	1.60	2.40	2.04	0.29
Toplam Sertlik CaCO <sub>3</sub> /L	mg	136.80	150.35	132.70	133.23	148.02	143.78	136.50	125.77	131.52	125.77	150.35	137.63	8.15
%Na	-	8.70	8.24	9.36	9.50	8.32	8.12	8.60	9.00	8.74	8.12	9.50	8.73	0.48
SAR	-	0.20	0.20	0.22	0.23	0.20	0.18	0.19	0.21	0.21	0.18	0.23	0.20	0.02

#### 4.11.3. İnsani tüketim amaçlı sular için ulusal ve uluslararası sınıflandırılması

11 Osmanbey örnekleme noktası, Kasım 2008 - Temmuz 2009 dönemi için aylık olarak yerinde, laboratuvarında yapılan analizler ve bunlara ait hesaplamalar bölüm 3.2.3. Su kalitesi sınıflamaları'na tabi tutularak Çizelge 4.22'de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** 11 Osmanbey örnekleme noktası içmesuyu kalitesi sınıflamaları

	SKKY (2004)				TS 266 (2005)		WHO (1993)	EU (1998)
	I	II	III	IV	GL	MAC	MAC	MAC
Sıcaklık , °C	X							
pH	X				X		X	X
EC, µS/cm (20 °C)					X			X
TDS, mg/l	X							
Na <sup>+</sup> , mg/l	X				X		X	X
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
Cl <sup>-</sup> , mg/l	X				X		X	X
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	X				X		X	X
Bulanıklık (NTU)	X							

11 Osmanbey örnekleme noktası içmesuyu kalitesi açısından SKKY (2004)'e göre değerlendirildiğinde; tüm parametreler açısından 1. sınıftadır. TS 266 (2005)'e göre tüm parametreler açısından GL'dir. WHO (1993)'e göre MAC' dır. EU (1998)'e göre MAC'dır.

Schoeller içilebilirlik diyagramına göre değerlendirildiğinde; “çok iyi kaliteli sular” sınıfına girmektedir (EK-11). Toplam sertlik açısından 75-150 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında olduğundan dolayı “orta sertlikte sular” sınıfındadır.

#### 4.11.4. Sulama suyu kalitesi açısından sınıflandırılması

SAR açısından, 11 Osmanbey örnekleme noktası, 0,18-0,23 arasında değiştiğinden bir problem görünmemektedir. Wilcox diyagramına göre bu örnekleme noktası “çok iyi – iyi” sınıfındadır (EK-22). ABD Tuzluluk Diyagramına göre; bu örnekleme noktası “C2-S1” sınıfındadır (EK-33)

#### 4.11.5. Hidrojeokimyasal fasiyes sınıflandırılması

Piper diyagramına göre 11 Osmanbey örnekleme noktası “Karbonat sertliği %50'den fazla olan sular” sınıfındadır (EK-44). Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre “ $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  parametrelerince zengin sular” sınıfındadır (EK- 55).

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Binlerce yıllık tarihsel geçmişe sahip ve dünyanın en verimli topraklarını bulduran Mezopotamya bölgesi olarak bilinen Harran Ovasında 20. yüzyıla kadar kuru tarım yapılmaktaydı. GAP projesiyle birlikte, Şanlıurfa tünellerinden alınan suyun, 1995 yılından itibaren, açık kanal sistemiyle ovaya aktarılmasıyla yüzey sulaması da başlamış oldu. Yüzey sulamasının başlamasıyla birlikte aşırı sulama ve yetersiz drenaj nedeniyle ova topraklarında tuzlanma ve çoraklaşma artarak devam etmektedir. Bu çalışmada, anılan sorunların meydana geldiği ovanın altındaki derin akiferde su kalitesindeki olası değişimlerin ortaya konması amacıyla Kasım 2008–Temmuz 2009 tarihleri arasında dokuz ay süreli bir çalışmayı kapsamıştır. Bu amaçla, ova genelinde derin akiferi temsil eden 11 adet örnekleme kuyusu seçilmiştir. Bu kuyularda yerinde ve laboratuvarında ölçüm ve analizler gerçekleştirilerek sonuçları materyal ve yöntem bölümünde bahsedilen ulusal ve uluslararası yönetmelik, standart ve direktiflere tabi tutulmuştur.

Bu çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1) Minimum sıcaklık Şubat ayında 10 Çiçekli örnekleme noktasında 11,90 °C maksimum sıcaklık ise Temmuz ayında 06 İmam Bakır'da 28,60 °C olarak ölçülmüştür. Tüm kuyuların yıllık ortalama sıcaklığı yaklaşık 21,60 °C olarak bulunmuştur.
- 2) pH değerlerinin tümünün ortalaması 7,00 - 7,50 (7,36) arasındadır. Bu değerler tavsiye edilen sınırlar dahilindedir.
- 3) EC değerlerinin ova genelinde alansal dağılımına bakıldığında Harran ve Akçakale arasında yüksek olduğu, diğer bir anlatımla güneye doğru eğimin azaldığı bölgelerde yüksek EC görülür. Önceki çalışmalar da bu alanlarda toprak tuzluluğunun fazla olduğunu rapor etmektedir.
- 4) Max. Cl konsantrasyonunun üzerinde olan tek bir örnekleme noktası vardır. Bu örnekleme noktası 681,20 mg/L değeriyle 06 İmam Bakır'dır.
- 5) Sülfatın sulara 250 mg/L düzeyini geçmemesi istenir. Bu değeri aşan örnekleme noktası 542,7 mg/L değeri ile 06 İmam Bakır'dır.
- 6) Ulusal ve uluslararası bilimsel ve teknik kuruluşların neredeyse tümü sulara max. nitrat düzeyini 50 mg/L olarak kabul etmiştir. Ovada, max. nitrat değeri 725,5 mg/L ile 06 İmam Bakır noktasıdır. Min. nitrat konsantrasyonu ise 0,04 mg/L değeri ile 02 Şanlıyağ'dır. Tüm kuyuların ortalama nitrat değeri 39,21 mg/L'dir. Su Kirliliği

ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'ne göre hemen hemen tüm noktalar 2. sınıf su kalitesindedir. .

- 7) Tüm kuyular bulanıklık açısından incelendiğinde 06 İmam Bakır hariç diğer örnekleme noktalarındaki bulanıklık değerleri MAC değerinin çok altındadır.
- 8) Şanlıurfa'nın kuzeyi ile bölgenin kuzey kesimlerinde ortalama toplam sertlik "sert sular" sınıfındadır. Özellikle, Harran'dan güneye doğru suların ortalama toplam sertliği 1800 mg CaCO<sub>3</sub>/L'a kadar yükselmektedir.
- 9) Schoeller suların içilebilirlik diyagramına göre çok iyi kaliteli suların oranı %54, iyi kaliteli suların oranı % 36, kötü kaliteli suların oranı % 10 olarak bulunmuştur.
- 10) Suların sulama suyu kalitesi Wilcox diyagramına göre değerlendirilmiş ve çok iyi-iyi kaliteli suların oranı % 91 ve uygun olmayan suların oranı % 9 olarak saptanmıştır.
- 11) ABD tuzluluk diyagramına göre suların sınıfı C2-S1 % 75, C3-S1 % 25 olarak bulunmuştur.
- 12) Bu çalışmada suların hidrokimyasal fasiyes tipi de belirlenmeye çalışılmıştır. Piper'a göre; Harran ve Şanlıurfa'nın güneydoğusu 9. tip su sınıfında, geriye kalan yaklaşık %80'lik kesim ise 5. ve 6. sınıf su tipindedir. Proje alanındaki egemen su tipi Ca-HCO<sub>3</sub> tipi sulardır. Jeoloji haritasına bakıldığında ovanın batı, doğu ve kuzey cepheleri kireçtaşı yapıları tepelerden oluşmuştur. Bu tepeler aynı zamanda ovanın altına dalmaktadır. Dolayısıyla bu tepelere yakın olan kuyuların fasiyes tipi "karbonat sertliği %50'den fazla olan sular" sınıfına girmektedir. Bölgedeki sülfatça zengin sular ovanın orta kesiminde ve güneyinde görülmektedir. Dolayısıyla bu bölgedeki sular hem sülfatça zengin hem de "karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular" sınıfı olan 5. sınıf su tipine girmektedir.
- 13) EC, Toplam Sertlik ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonlarının alansal (spatial) değişimini değerlendirmek amacıyla EK-56, 57, 58 oluşturulmuştur. Buna göre;
  - EC değerlerinin Harran Ovasının orta kısımlarında (06-İmam Bakır) en yüksek olduğu görülmüştür.
  - Toplam Sertlik değerleri incelendiğinde örnekleme noktalarının tamamına yakınında, alınan örneklerin sert sular sınıfında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte toplam sertlik değerleri maksimum değerlerini ovanın orta kısımlarında almıştır. (06-İmam Bakır)
  - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonları incelendiğinde ovanın orta kısmında yer alan 05-Tahılan ve 06-İmam Bakır örnekleme noktaları dışındaki örnekleme

noktalarındaki  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonları sınır değerin altında kalmaktadır. Maksimum değerler yine ovanın ortasında saptanmıştır.

## 5.2. Öneriler

Bu çalışmada ortaya çıkan en önemli sonuç, özellikle, 1995 yılından itibaren başlanan yüzey sulamasıyla birlikte YAS kalitesinin artan bir şekilde bozulmasıdır. Problemin nedeni, büyük ölçüde aşırı sulama, yetersiz drenaj ve gübrelemedir. Bir diğer önemli sorun ise inceleme konumuz olan bol ve kaliteli suya sahip derin akiferden su almak için yapılan sondajlarda kuyu tecridinin yeterli yapılmaması nedeniyle veya kuyu içi ekipmanın korozyona uğraması nedeniyle üst akiferdeki suların bu akifere sızması veya sızma olasılığıdır. YAS kalitesi açısından ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sorunlara ilişkin önerilerin iki başlık altında sunulması daha yerinde olacaktır.

*YAS kalitesi sorunuyla ilgili öneriler:*

- 1) Bu çalışmada örnek alınan kuyu sayısı artırılarak ova genelinde sürekli YAS kalitesi (ağır metalleri de kapsayacak şekilde) ve su seviyesi izlenmesi (monitoring) yapılmalıdır. Aksi takdirde, Güneydoğu Türkiye ve Orta Doğu'nun en büyük ve yaşamsal öneme sahip tatlı su kaynağı ziyan olacaktır.
- 2) Ovada aşırı gübrelemeden kaynaklanan nitrat konsantrasyonundaki yükseklik için önlemler alınmalıdır. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının ilgili birimlerinin uhdesinde olan "Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği" maalesef etkin bir şekilde icra edilememektedir. Bu yaşamsal öneme sahip konuda kuruluşlar uyarılmalı ve etkin bir izleme yapılmalıdır.
- 3) Ovada, gerek şahıslar gerekse de resmi/özel kuruluşlar tarafından gelişigüzel kuyular açılmamalıdır. Mutlaka, DSİ'den izin alınmalıdır.
- 4) Kuyu açımında mutlaka kuyu logu alınmalı ve kuyu tecridi son derece dikkatli ve özenli yapılmalıdır.
- 5) Bu çalışmayla belirlenen içme ve sulama suyu kalitesine uygun olmayan kuyulardan su alınmaması için yörede yaşayan insanlar uyarılmalıdır.
- 6) Bu çalışmanın sonuçları arazi kullanımı ve toprak tuzluluğuyla uğraşan bilim insanları ve uygulayıcıları tarafından mutlaka göz önüne alınmalıdır.

*Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sorunlara ilişkin öneriler:*

- 1) Sulama suyu etkin bir biçimde kullanılmalıdır.
- 2) Sulama konusunun uygun bir şekilde yapılması etkin ve yaygın bir çiftçi eğitimiyle olanaklıdır. Dolayısıyla yöredeki ilgili kuruluşların teknik elemanları, son derece özen göstererek bu konuyu uygulamalı olarak anlatmalıdırlar.
- 3) Ana drenaj kanalı ve tarla içi drenaj ağı boyutları ve kapasiteleri yeniden gözden geçirilmelidir. 2006 Ekim ayında, Harran ovasında aşırı yağışlarla oluşan sel felaketi maddi ve manevi kayıplara neden olmuştur.
- 4) Drenaj kanalı derinlikleri arttırılmalıdır.
- 5) Drenaj kanalları sürekli temizlenmelidir.
- 6) Tuza dayanıklı bitki türleri için denemeler yapılmalı ve çiftçiler özendirilmelidir.
- 7) Taban suyunun yüksek olduğu kesimlerde okaliptüs gibi suyu çok tüketen ağaç türleri uygulanmalıdır.
- 8) Salma sulama ve açık kanaletle sulama yönteminden derhal vazgeçilerek toprak yapısına ve kurak iklim koşullarına uygun sulama sistemlerine geçilmelidir.

Tuzlanma ve çoraklaşmanın olduğu, özellikle Harran'ın güneyinde, toprak iyileştirme çalışmalarına ilgili kuruluşlarca üniversitelerin de katkısını alarak derhal başlanılmalıdır.



## KAYNAKLAR

- 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., 17 s., Ankara.
- ANONİM, 2004b. Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği, 18 Şubat 2004 tarih ve 25377 sayılı Resmi Gazete.
- ANONİM, 2004c. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Tarih: 31.12.2004 Sayı: 25687 sayılı Resmi Gazete.
- ANONİM, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete.
- APHA-AWWA-WEF, 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, 20th edition, 1325 s., ABD.
- 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.
- ATASOY, A.D., and YESILNACAR, M.I., 2009. "Effect of high sulfate concentration on the corrosivity: a case study from groundwater in Harran Plain, Turkey", Environmental Monitoring and Assessment.
- AYDIN, M.E., ve ATEŞ, N., 2001. Konya İçme Suyunda Trihalometanlar, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 16(1):1-6.
- BACK, W., 1960. Origin of hydrochemical facies in groundwater in the Atlantic coastal plain. Proceedings of International Geological Congress (Copenhagen), 1:87-95.
- BACK, W., 1966. Hydrochemical facies and groundwater flow patterns in northern part of Atlantic coastal plain. US Geological Survey Professional Paper 498-A.
- CANTER, L.W., 1997. Nitrates in Groundwater, CRS Press LLC, 263 p., USA Catalog No. En 37 – 54. 89 p.
- DSİ, 1972. Harran Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü Matbaası, 49s., Ankara.
- DSİ, 2003. Harran Ovasında Tuzluluk ve Drenaj Problemi, Özet Rapor, 10s., DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- DSİ, 2008. DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Şube Müdürlüğü Arşivi.
- ERGUVANLI, K., ve YÜZER, E., 1987. Yeraltı suları Jeolojisi (Hidrojeoloji), İTÜ Maden Fakültesi, 339s., İstanbul.
- EU (European Union), 1998. Council Directive 98/83/EC of European Communities on the quality of water intended for human consumption, 3 November 1998, p.32.
- FETTER, C.W., 2001. Applied Hydrogeology (4th Edition), Prentice Hall, 691 p.
- FREEZE, R.A., and CHERRY, J.A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 p., U.S.A.
- GLEICK, 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.
- İLHAN A.İ., ve UTKU, M., 2000. Güneydoğu Anadolu Projesi Bitki Su Tüketimi ve Bitki Su Gereksinimi, DMİ Yayın No:2000/05, Ankara.
- KEENEY, D., 1986. Sources of Nitrate to Ground Water, CRC Critical Reviews in Environmental Control, 16/3, 257-304.
- KENDİRLİ, B, ÇAKMAK, B., and UCAR, Y., 2005. Salinity in the Southeastern Anatolia Project (GAP), Turkey: Issues And Options, Irrigation and Drainage 54:115–122.
- MCNEELY, R. N., NEIMANIS, V. P., and DAWYER, L., 1979. Water Quality Sources Book, a Guide to Water Quality Parameters. Minister of Supply and Services Canada.

- MPCA (Minnesota Pollution Control Agency) 1999. Phosphorus in Minnesota's Ground Water, p.2, USA.
- NAS, B., BERKTAY, A., AYGÜN, A., ve ERTUĞRUL, T., 2004. Yeraltısuyu Kirliliğinde Potansiyel Kaynaklar Ve Konya Kenti Örneği, Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 23-24 Aralık 2004, Konya, 287-297.
- PIPER, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions, American Geophysical Union 25:914-23.
- RICHARDS, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. U.S. Department of Agricultural Handbook 60.
- RICHARD, Y., 1980. Denitrification of Water for Human Consumption. Prog. Water Technol. 12, 173.
- SAWYER, C.N., MCCARTY P.L., and PARKIN G.F., 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5th edition, McGraw-Hill Companies, 752 p. ABD.
- SCHOELLER, H., 1955. Geochemie des eaux souterraines, Revue de L'Institute Francois du Petrole 10:230-44.
- SCHOELLER, H., 1962. Les Eaux souterraines. Mason et Cie. Paris. (Subramani et al.,2005)
- ŞAHİNCİ, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 548s., İzmir.
- ŞENGÜL, F., ve MÜEZZİNOĞLU, A., 1995. Çevre Kimyası (2. Baskı), DEÜ Müh. Fak. Matbaası, 243 s., İzmir.
- TEKİNEL, O., ÜNLÜ, M., TOPLAOĞLU, F., ve KANBER, R., 2002. GAP Yöresinde Su Kullanımı ve Tuzluluk, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(1): 19-33.
- 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
- TSE, 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS 266, TSE Ankara.
- U.S.EPA, 1993. Wellhead Protection: A Guide for Small Communities, Office of Research and Development Office of Water, EPA/625/R-93/002, Washington DC, USA.
- UNESCO, 1992. Groundwater, UNESCO Environment and Development Briefs, No:2, 14p.
- USGS (US Geological Survey), 2006. <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycletrkish.html> (Erişim:07.12.2006)
- WHO (World Health Organization), 1978. Nitrate, Nitrites And Nitrosocompounds. Env. Health Criteria-5. WHO, Geneva.
- WHO, 1993. The Guidelines for Drinking-Water Quality, Second edition, WHO, Geneva.
- WILCOX, L.V., 1955. Classification and use of irrigation waters. USDA Circular No.969, 19 p.
- YEŞİLNACAR, M.İ., and UYANIK, S. 2005. Investigation of Water Quality of the World's Largest Irrigation Tunnel System, the Sanliurfa Tunnels in Turkey, Fresenius Environmental Bulletin, 14(4): 300-306.
- YEŞİLNACAR, M.İ., DEMİR F., UYANIK S., YILMAZ G., ve DEMİR T., 2007. Harran Ovası Yer altı Suyu Kalitesi Ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Proje No: 104Y188, Şanlıurfa
- YEŞİLNACAR, M.İ., and GÜLLÜOĞLU, M.S., 2007. The effects of the largest irrigation of GAP project on groundwater quality, Sanliurfa – Harran Plain, Fresenius Environmental Bulletin, 16(2):206-211
- YEŞİLNACAR, M.İ., NAZ, M., UYANIK, S., DEMİR F., YILMAZ, G., ve DEMİR, T., 2007. Harran Ovasında Tarımsal Sulamanın Yeraltı Suyu Kalitesine Etkileri , III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 10 –14 Eylül 2007, s. 703-710, Gümüşdüz/İZMİR
- YEŞİLNACAR, M.İ., and GÜLLÜOĞLU, M.S., 2008. Hydrochemical characteristics and the effects of irrigation on groundwater quality in Harran Plain, GAP Project, Turkey. Environmental Geology, 54(1):183-196.

- YEŞİLNACAR, M.I., ŞAHİNKAYA, E., NAZ, M., and OZKAYA, B., 2008. "Neural Network Prediction of Nitrate in Groundwater of Harran Plain, Turkey", *Environmental Geology*, 56/1, 19-25
- ZAPOROZEC, A., and MILLER, J.C., 2000. *Groundwater Pollution*, UNESCO-IHP, 44 p.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1975 yılında Şanlıurfa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Şanlıurfa'da tamamladı ve 1998 yılında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Mezuniyetinden sonraki bir yıl içerisinde vatani görevini tamamladı. Bu dönemden sonra, uluslararası nitelikte sağlık sektöründeki iki firmada çalıştı. Söz konusu işine devam ederken 2007 – 2008 Eğitim öğretim yılı güz döneminde Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

## ÖZET

Yeraltı suyu kirliliği yeni bir olgu olmamasına rağmen, ancak 1970'li yılların sonunda yeni bir çevresel kavram olarak ortaya çıkmıştır. Genelde, yeraltı suyu kirliliği evsel ve endüstriyel atıklar ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanır. Kontamine olmuş yeraltı suyunun temizlenmesi oldukça güç ve maliyeti yüksektir. Bu nedenle yer altı su kaynaklarının korunması için bu kaynakların sık periyotlarla izlenmesi ve herhangi kirlenme belirtisi olduğunda önlemlerin gecikmeden alınması gerekmektedir. Yeraltı sularının hidrojeokimyasal ve kirlilik açısından değerlendirilmesi, yorumu, kontrolü ve izlenmesi için genelde gözlem kuyularından kimyasal analiz amaçlı örnek alımı gerçekleştirilmelidir.

Çalışma alanı olan Harran Ovası GAP'ın en büyük sulama sahasına ve Ortadoğu'nun en büyük yeraltı suyu rezervine sahiptir. 1995 yılında yüzey sulamasının başlamasıyla birlikte, yoğun tarımsal faaliyetler, sulama-drenaj ve evsel atıklar ve atıksuların deşarjının yapıldığı ovada önemli oranda tarımsal problemler başlatmıştır.

Bu tez çalışmasıyla, Kasım 2008 – Temmuz 2009 tarihleri arasında aylık olarak, Harran Ovasında temsil edici onbir örnekleme kuyusunun  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  parametreleri analiz edilmiştir. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) parametreleri arazide ölçülmüştür. Toplam sertlik, sodyum absorpsiyon oranı (SAR), %Na hesaplanarak elde edilmiştir. Çalışmanın analiz ve ölçüm sonuçları, içme suyu kalitesi (ulusal ve uluslararası), tarımsal sulama suyu kalitesi ve hidrojeokimyasal fasiyes açısından sınıflamalara tabi tutulmuştur.

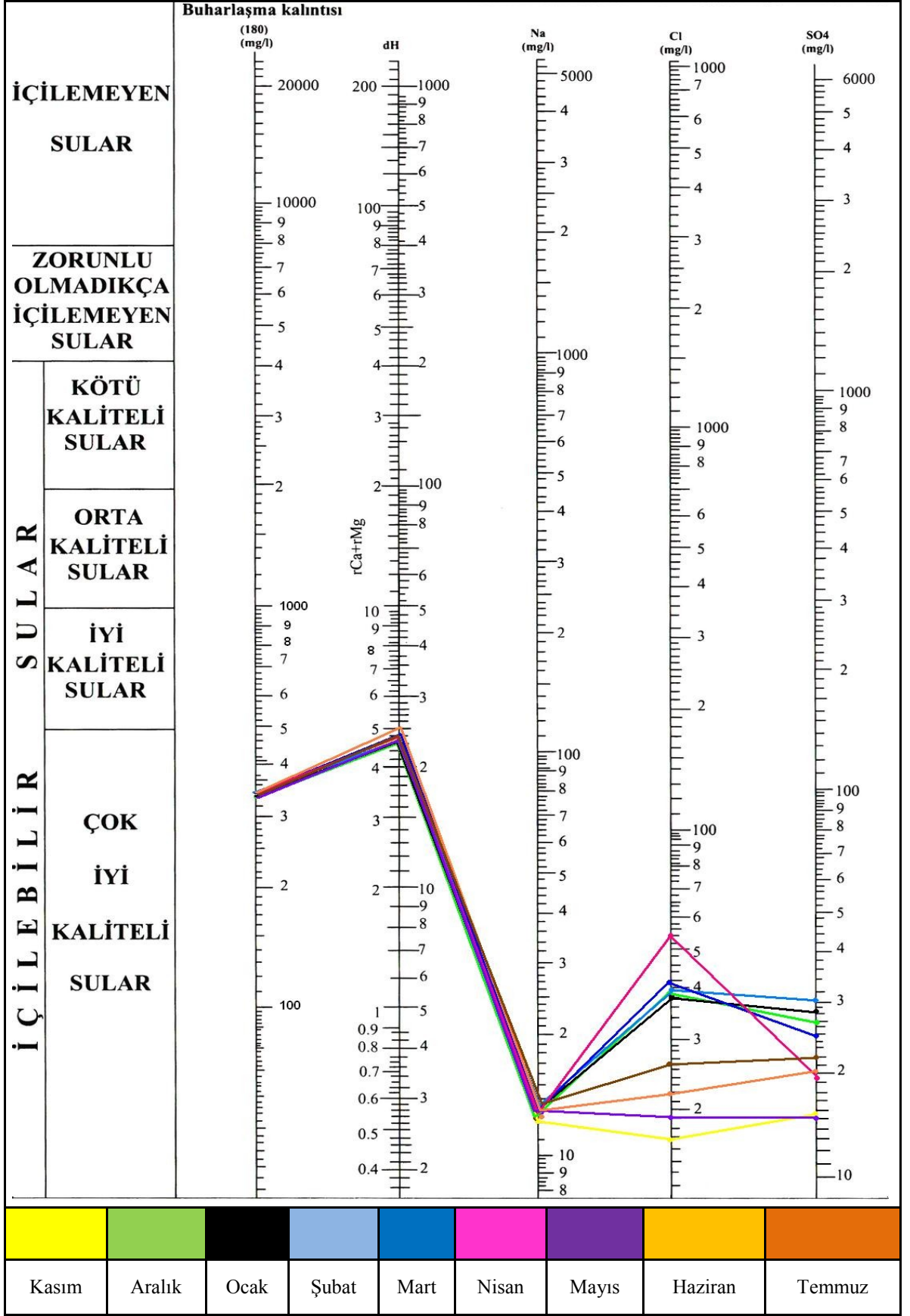
## SUMMARY

Although groundwater pollution is not a new fact, it emerged as a new environmental concept in the late 1970s. Generally, groundwater pollution is caused by home and industrial waste and agricultural activities. Purifying contaminated groundwater is rather difficult and costly. Thus, in order to preserve groundwater sources, it is necessary to control these sources periodically and when there is a sign of contamination, precautions must be taken immediately. Water sampling for chemical analyses from observation wells should be carried out in order to evaluate, interpret, control and monitor of groundwater quality for the hydrochemical and contamination evaluations.

Study area is the Harran Plain, has the biggest irrigation field in the Southeastern Anatolia Project region and it has the biggest groundwater reserve in the Middle-East. After surface irrigation was started in 1995, big agricultural problems began in the plain where agricultural activities are dealt with and where domestic and wastewater are poured.

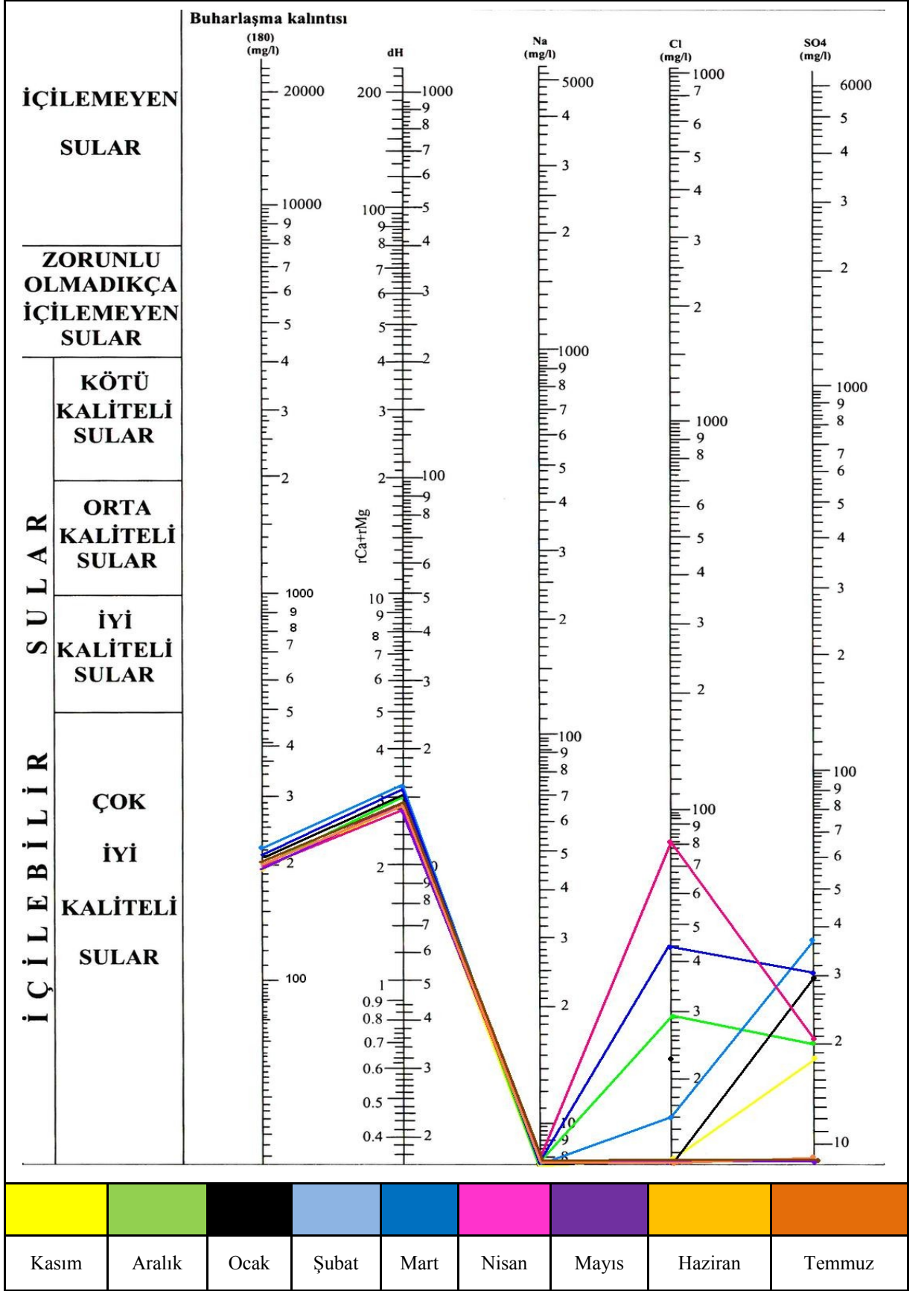
In this thesis, groundwater samples taken from eleven representative sampling wells in the deep aquifer of Harran Plain for concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  were analyzed during November 2008- July 2009 monthly. Values of temperature, pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS) were measured in situ. Total hardness, sodium absorption ratio (SAR), and Na% values were calculated. Results of the analyses and measurements of the study were subjected to the classifications with regard to drinking water quality (national and international level), irrigation water quality and hydrochemical facies

# **EKLER**

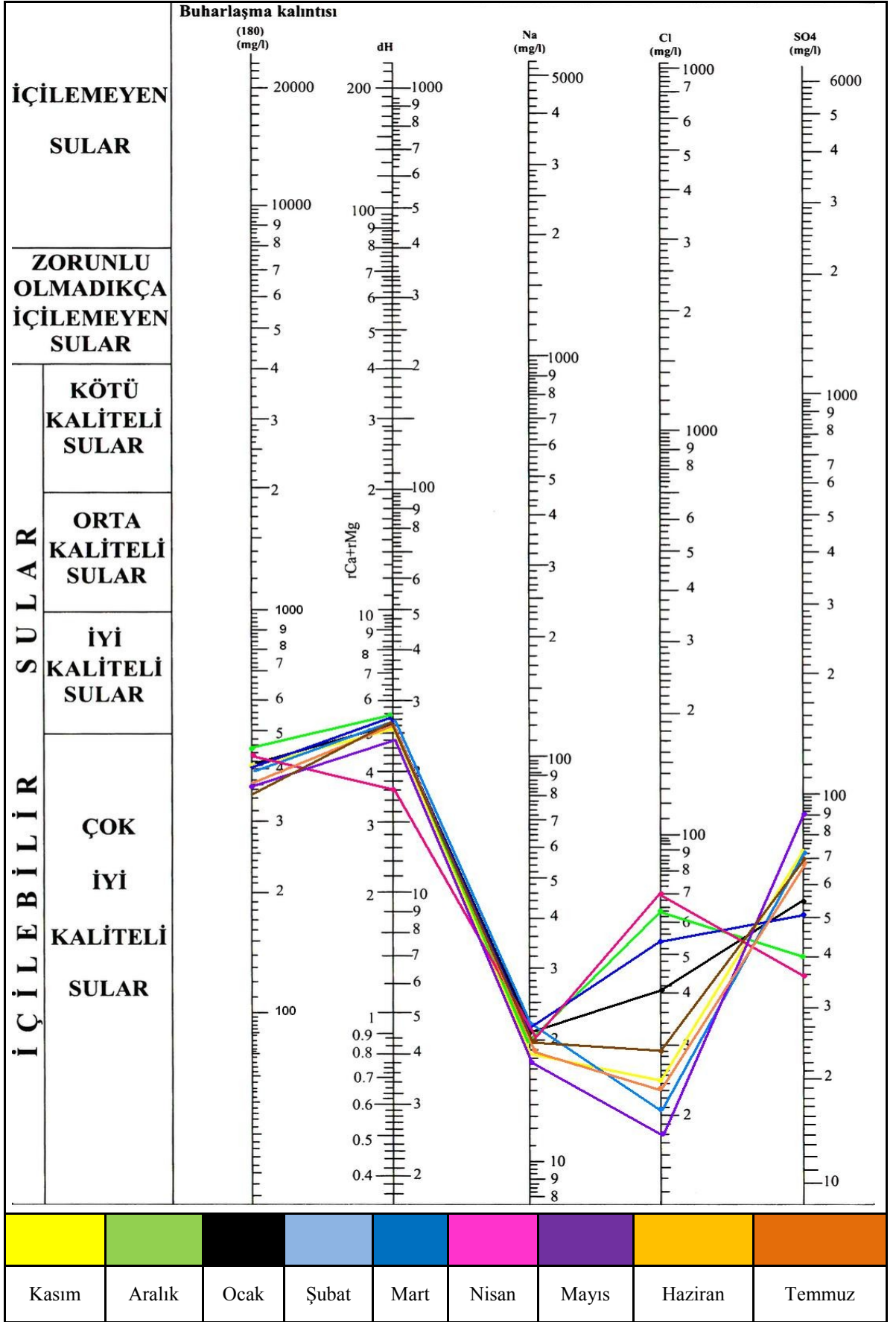


EK-01. 01 Şanlıyağ örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi

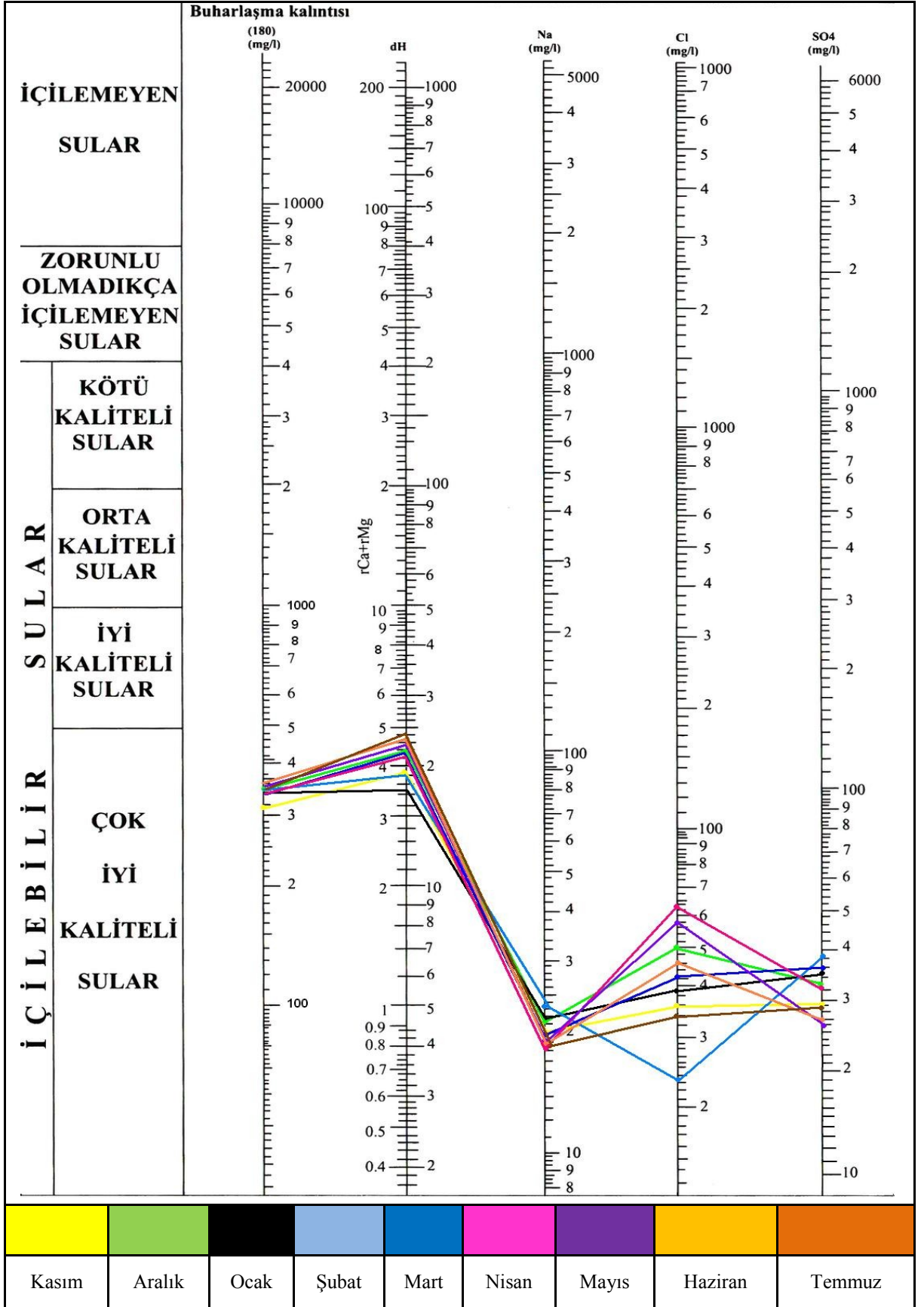




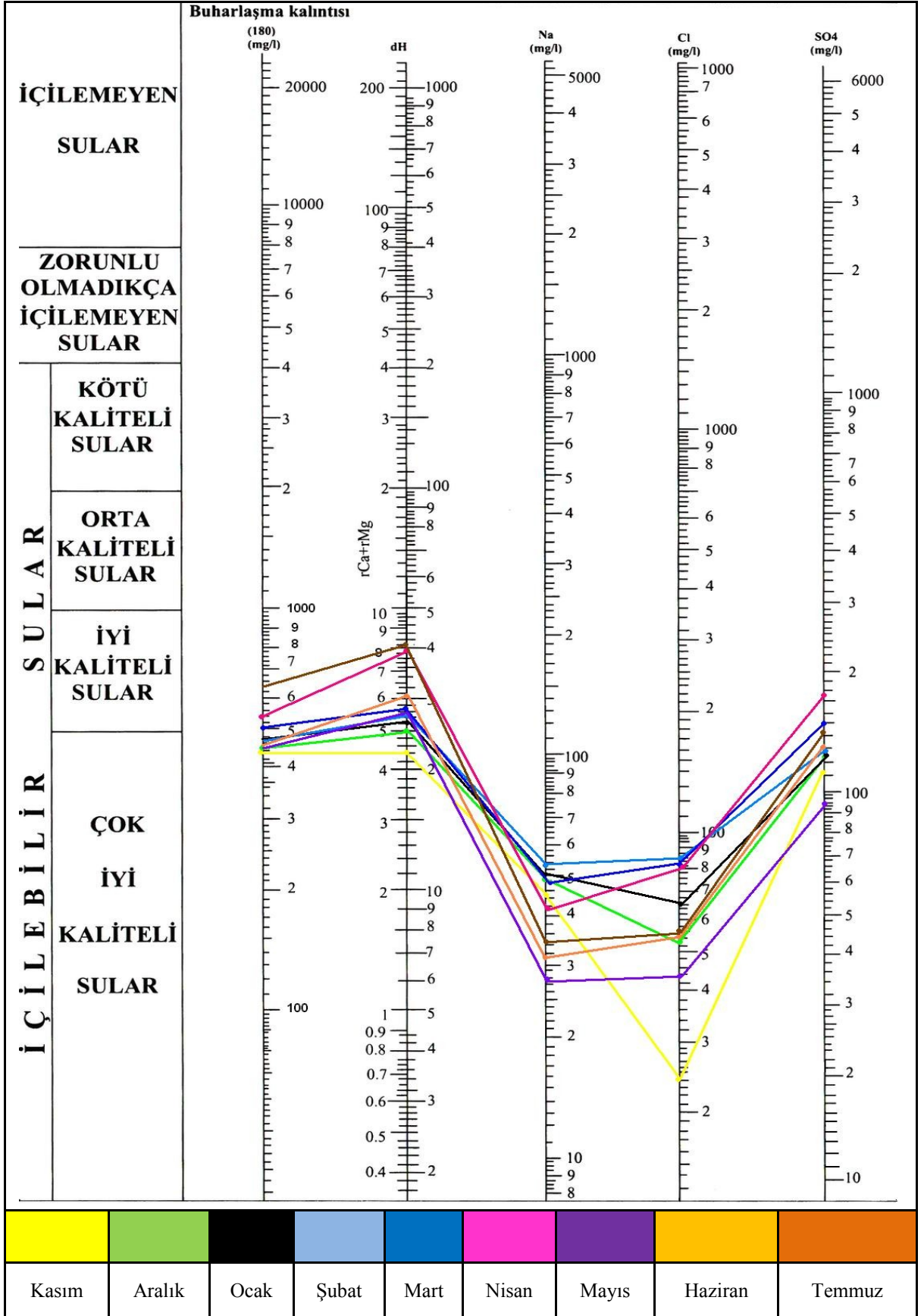
**EK-02.** 02 Uğurlu örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi



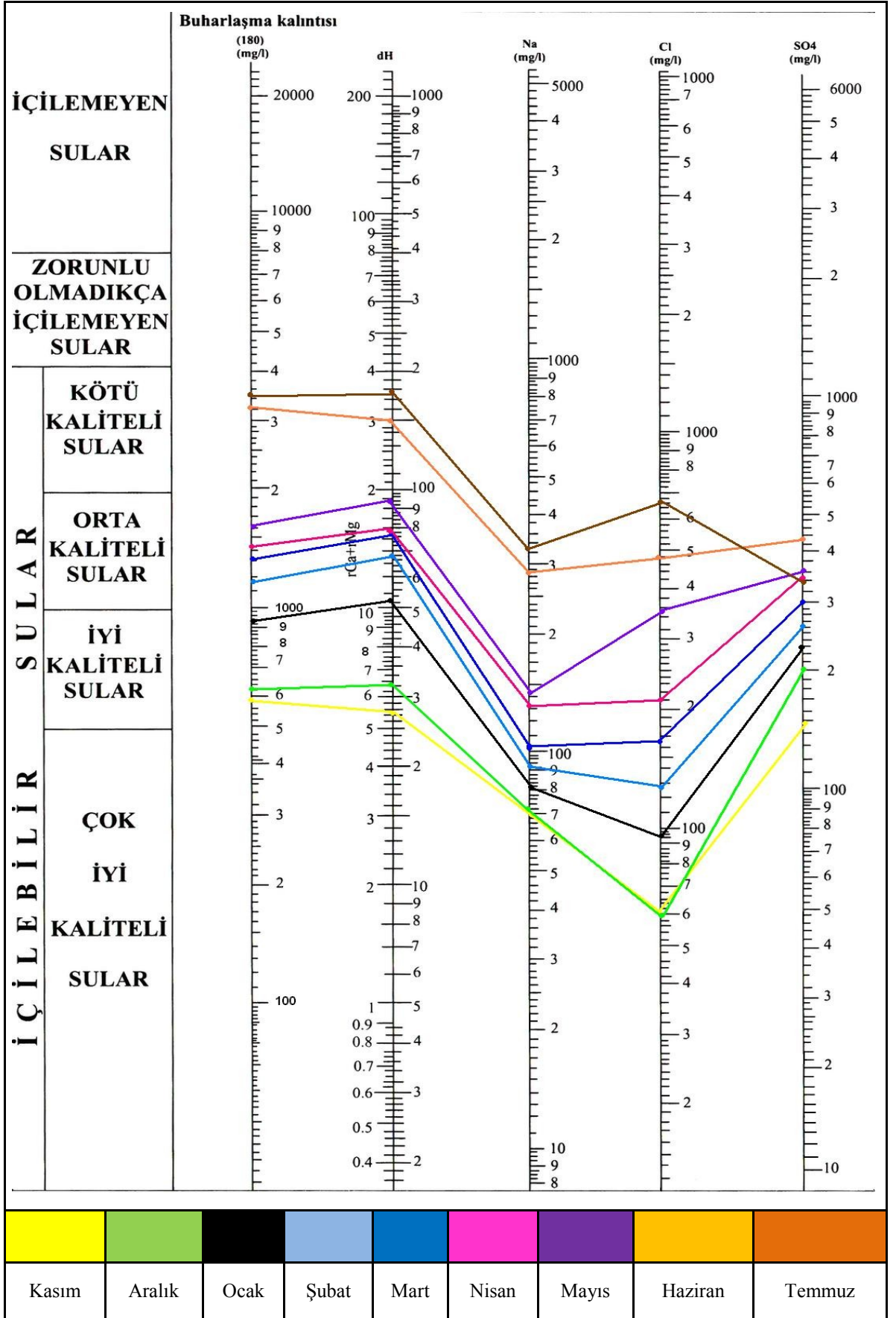
**EK-03.** 03 Yardımcı örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi



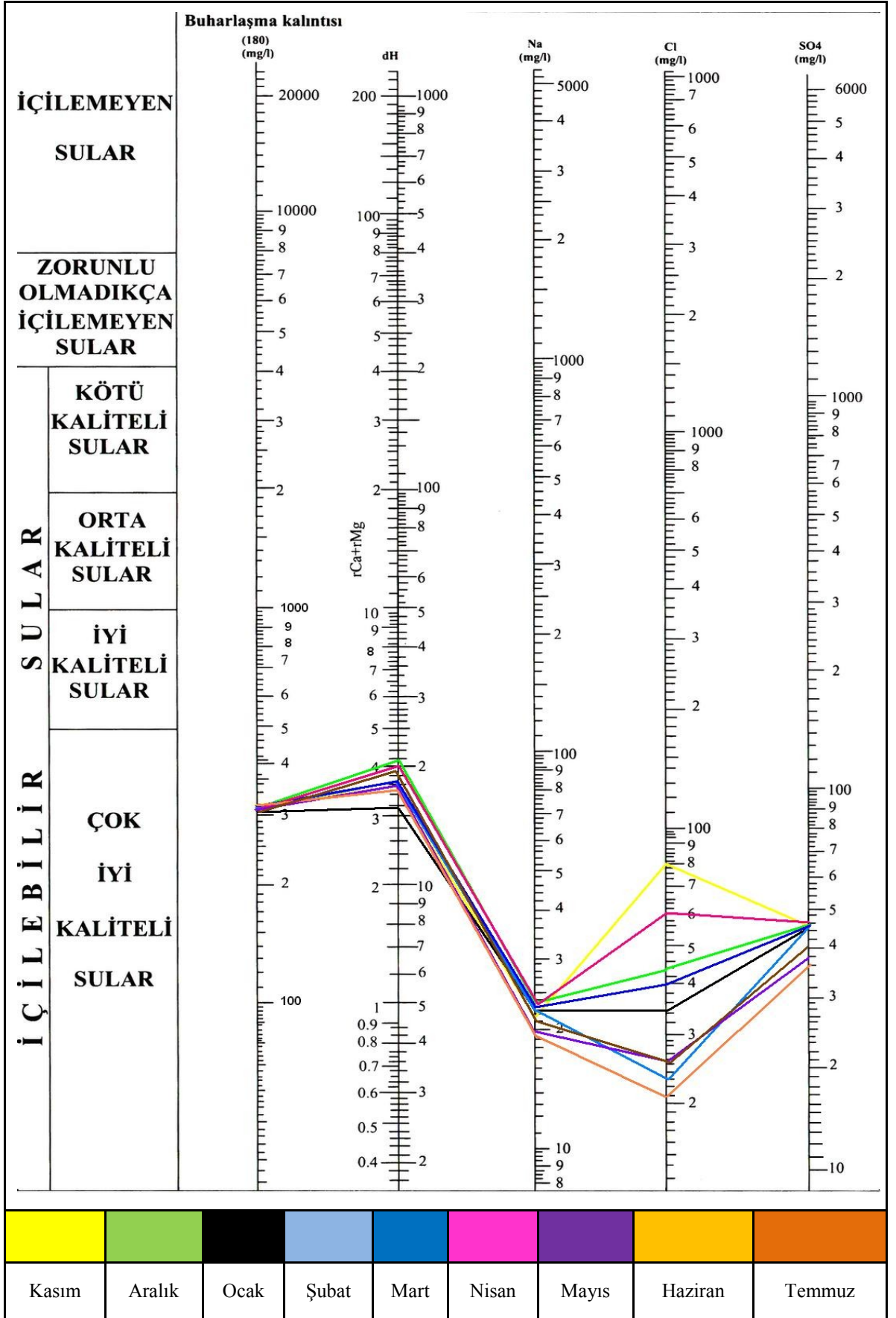
**EK-04.** 04 Baykuş örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi



**EK-05.** 05 Tahılan örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına diyagramına göre aylık değişimi



**EK-06.** 06 İmam Bakır örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi



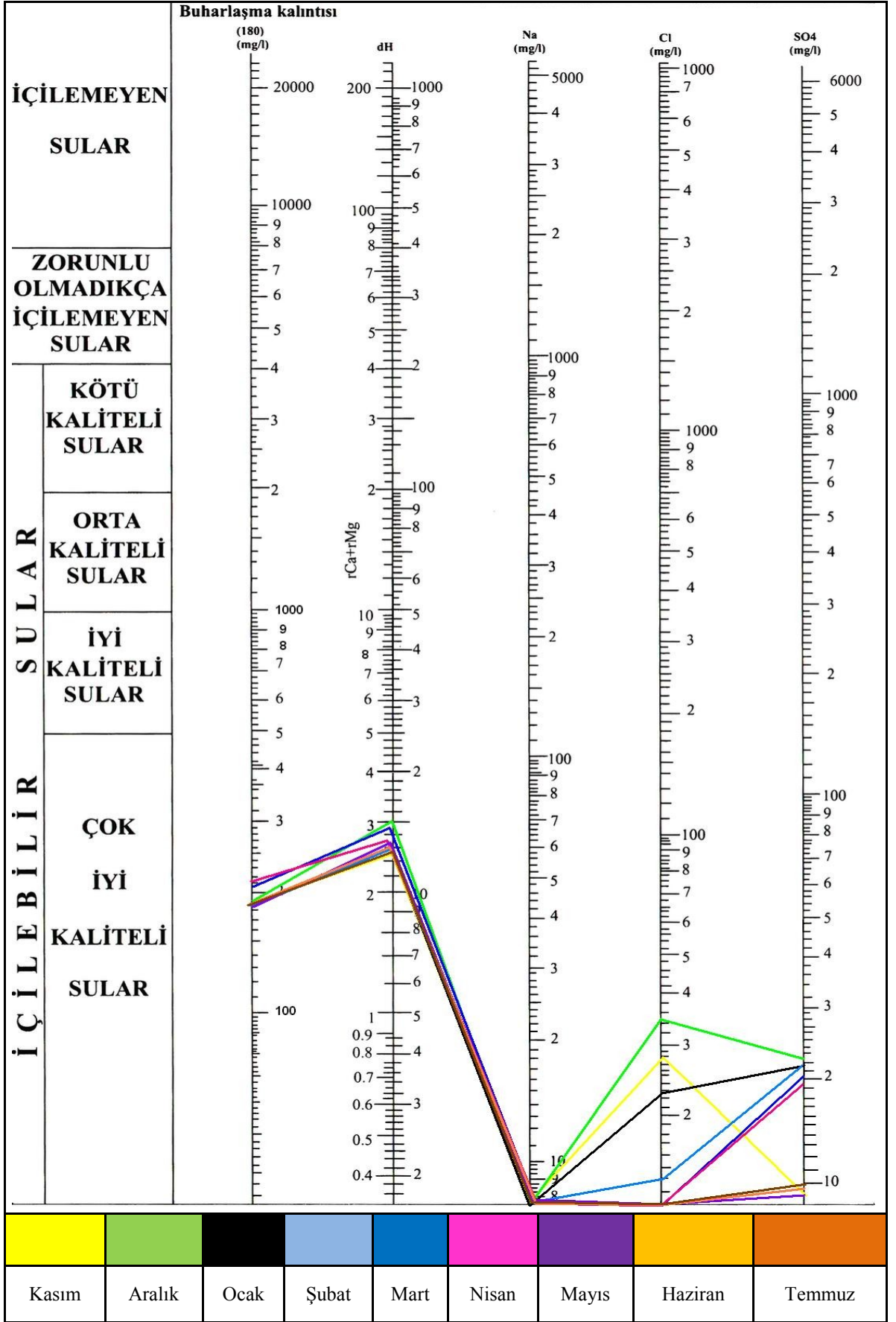
**EK-07.** 07 Bellitaş örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi



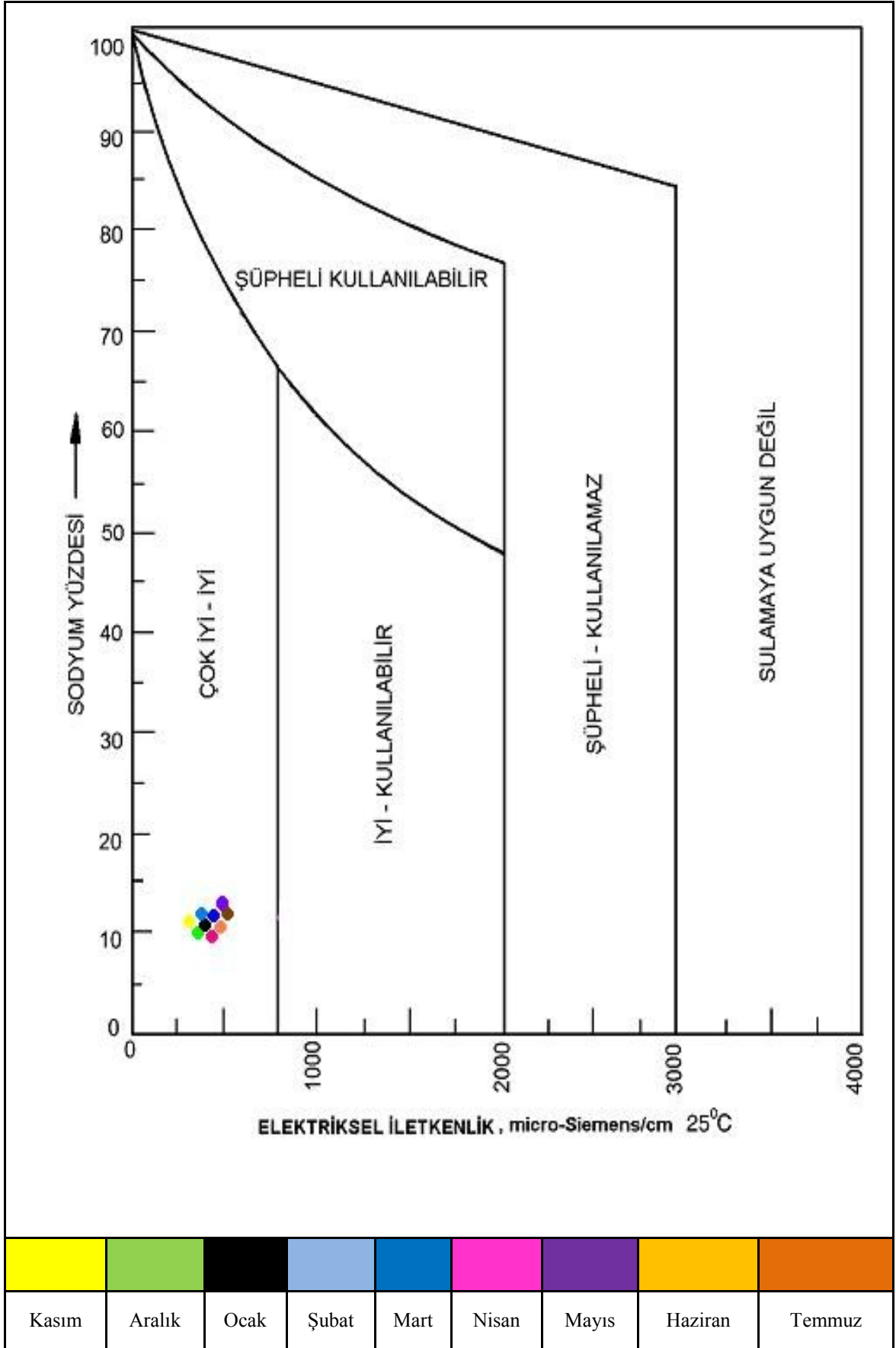




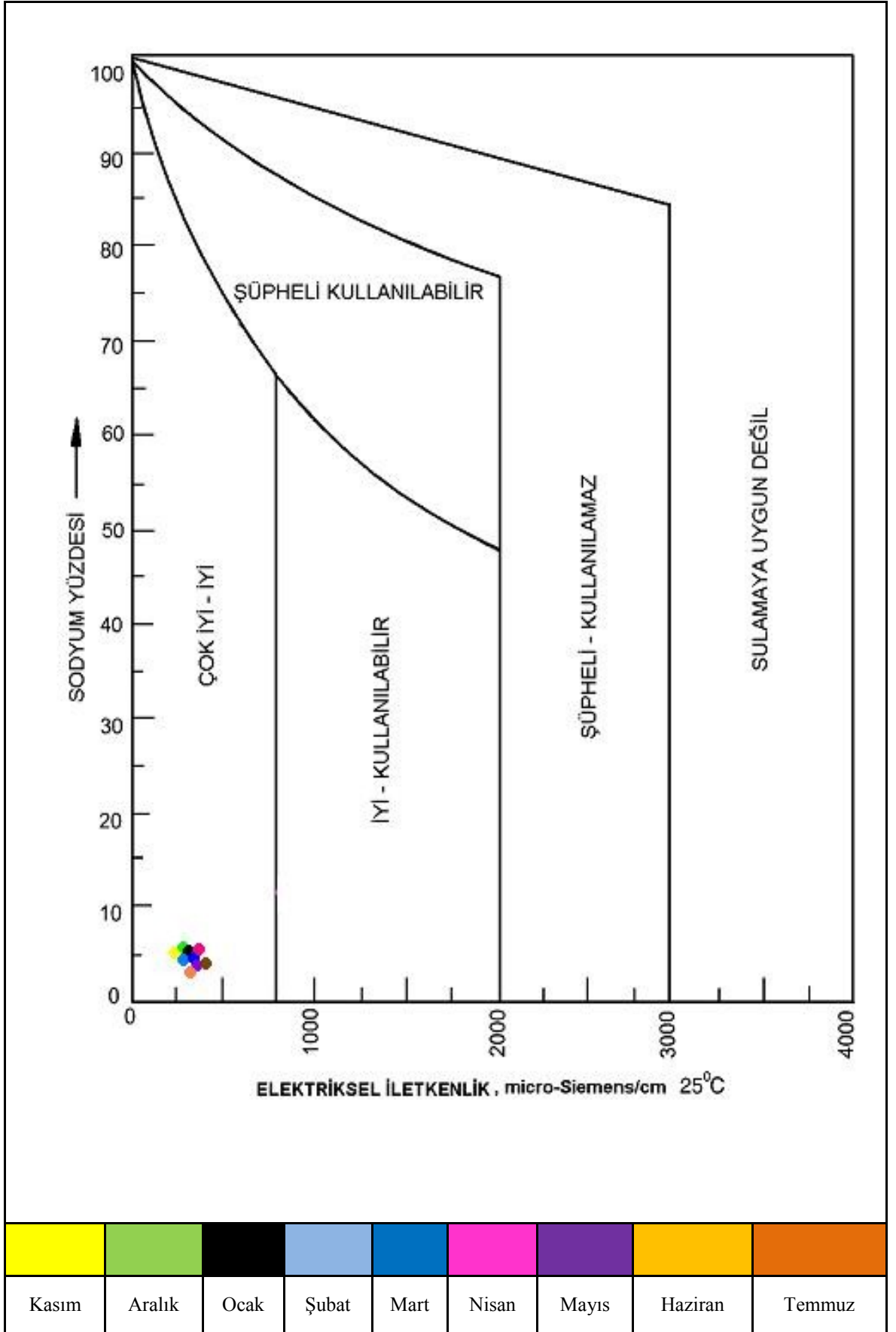




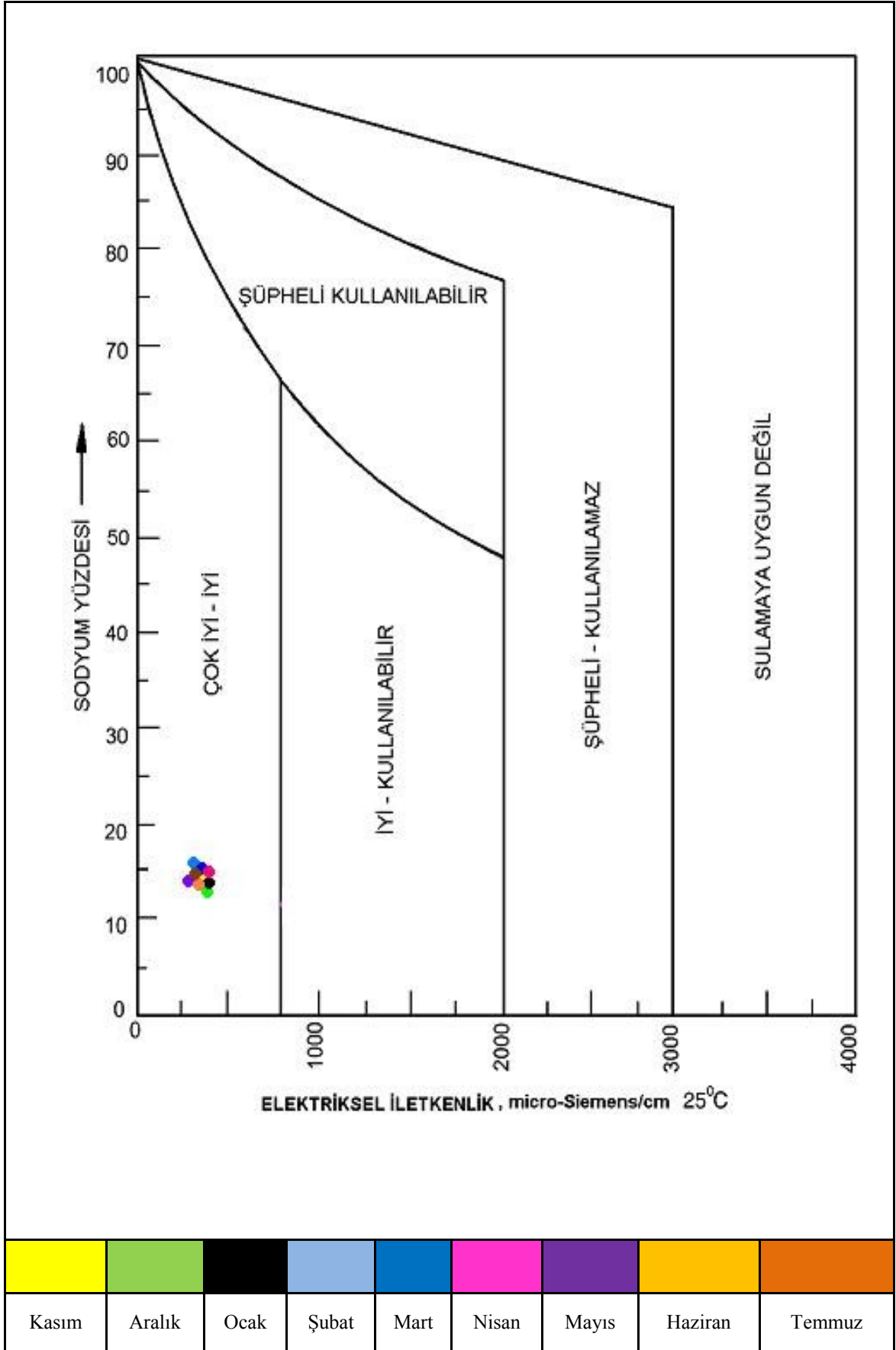
**EK-11.** 11 Osmanbey örnekleme noktasının Schoeller içilebilirlik diyagramına göre aylık değişimi



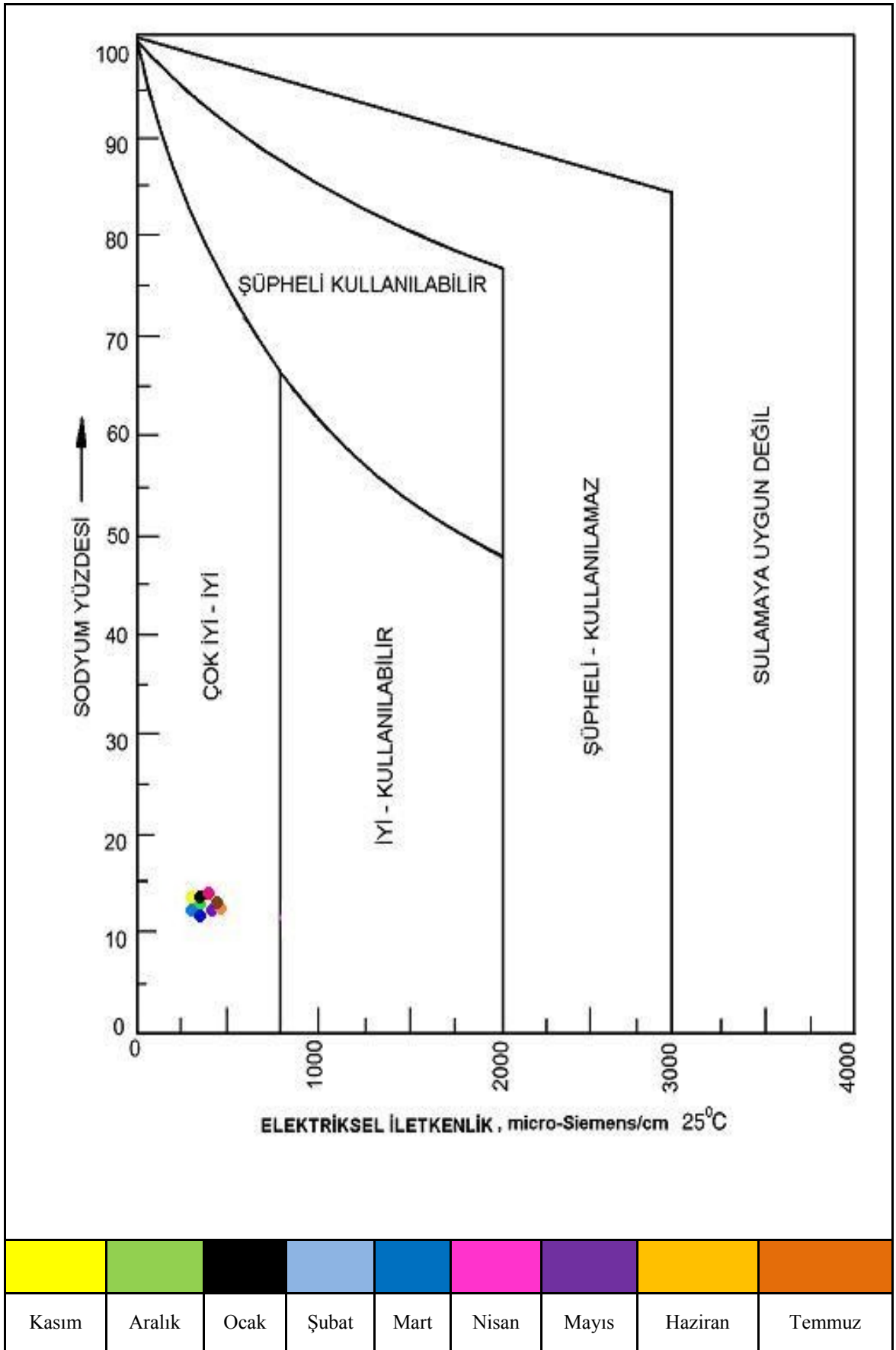
**EK-12. 01** Şanlıyağ örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



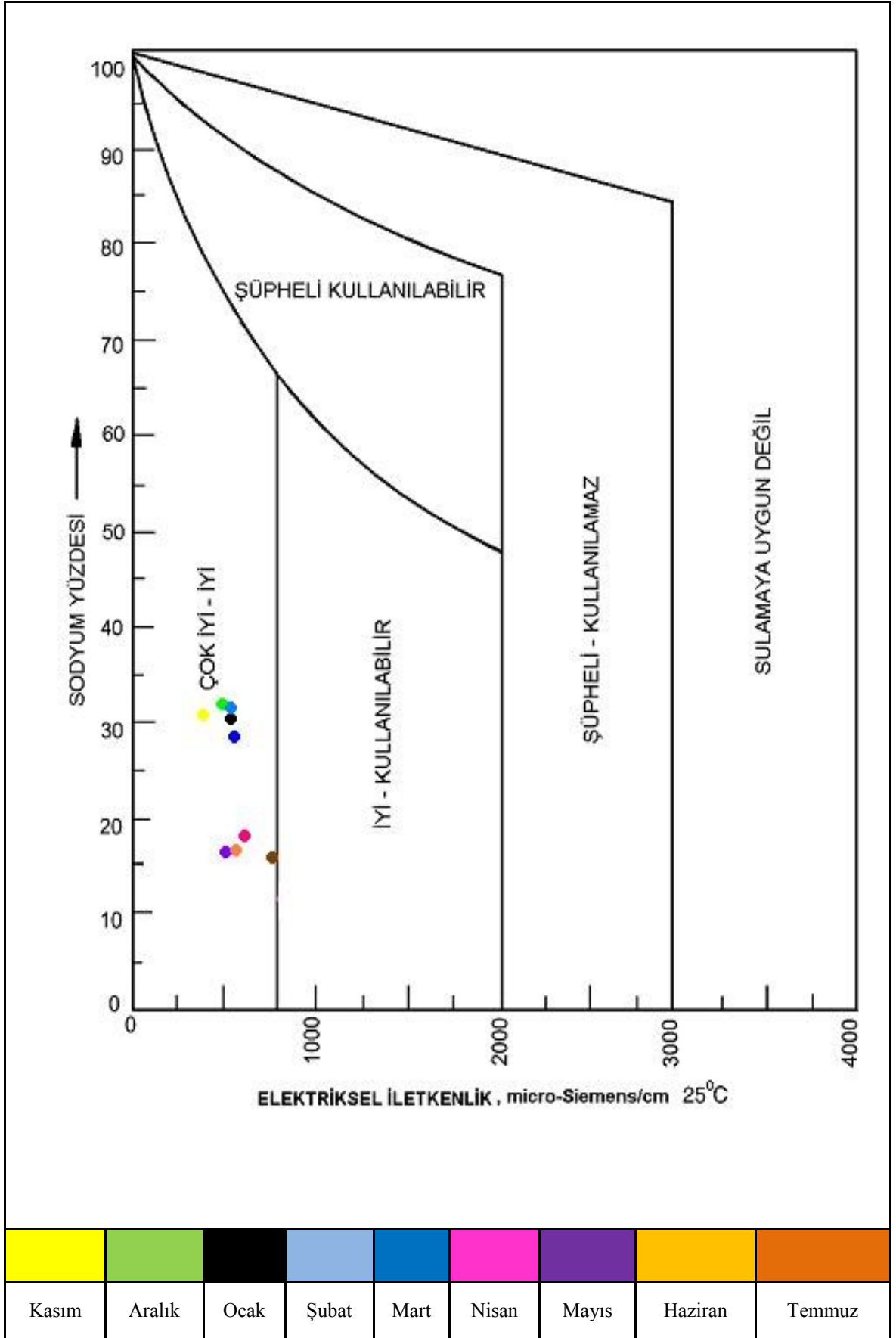
**EK-13.** 02 Uğurlu örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



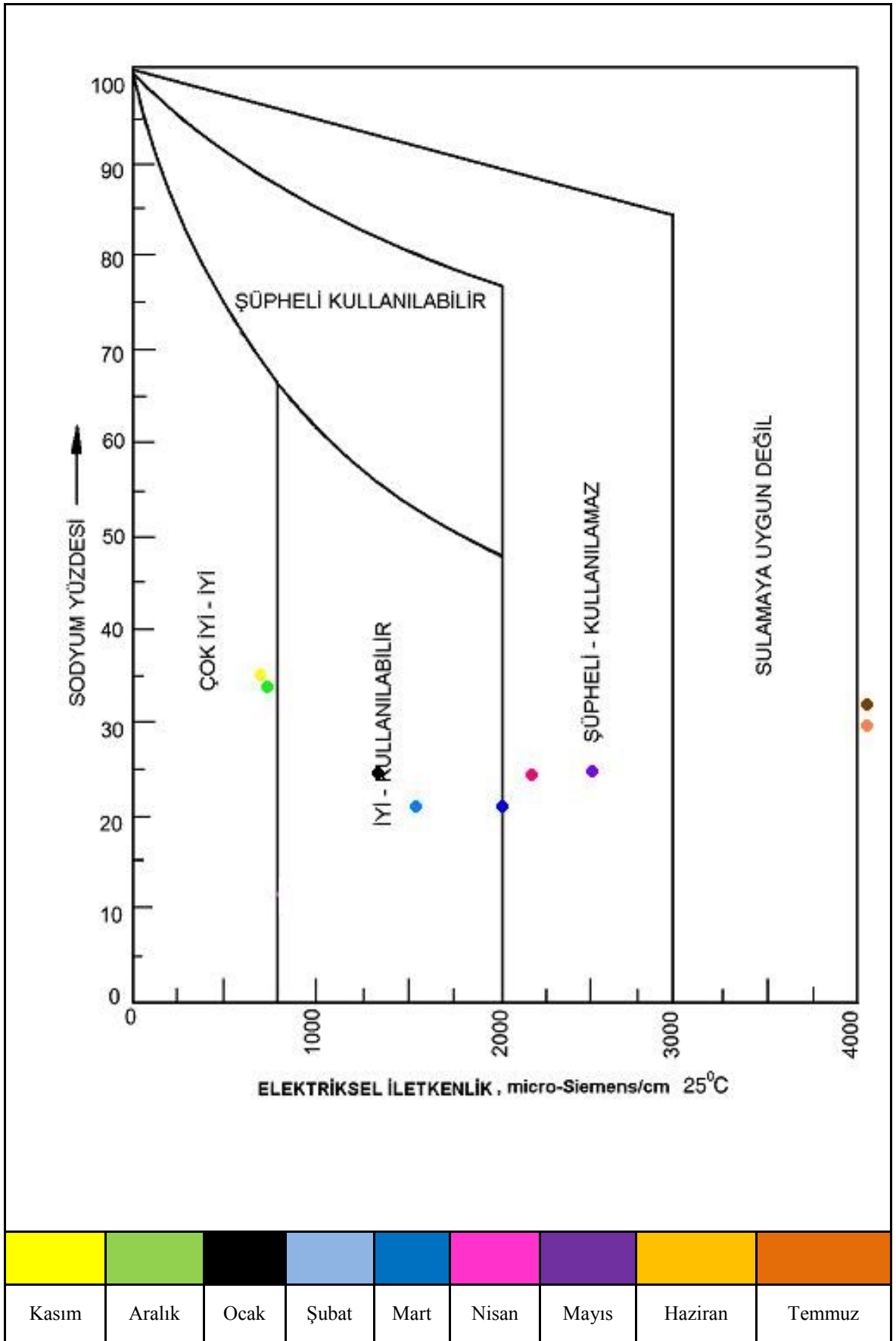
**EK-14.** 03 Yardımcı örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



**EK-15.** 04 Baykuş örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi

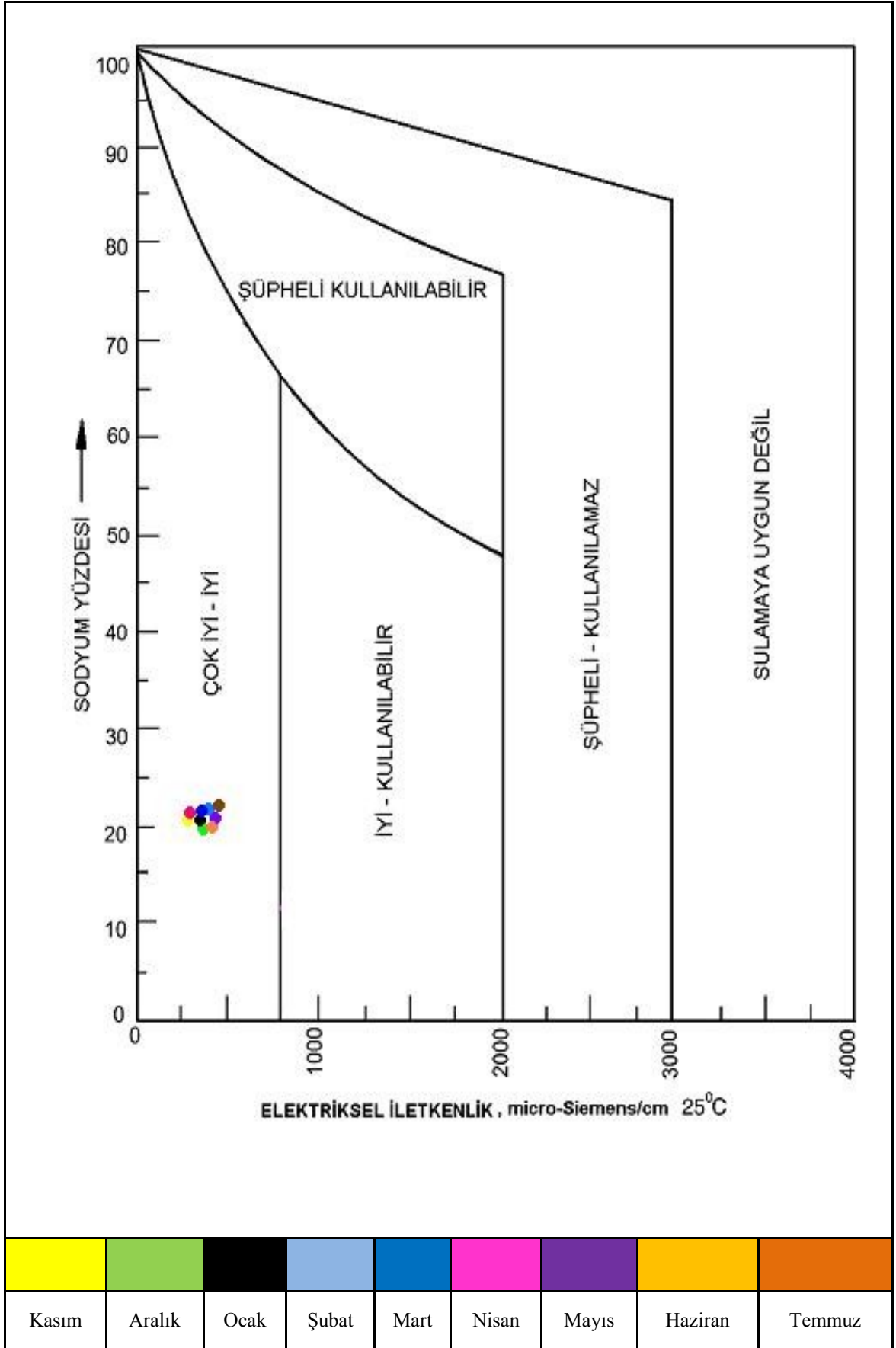


**EK-16.** 05 Tahılan örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi

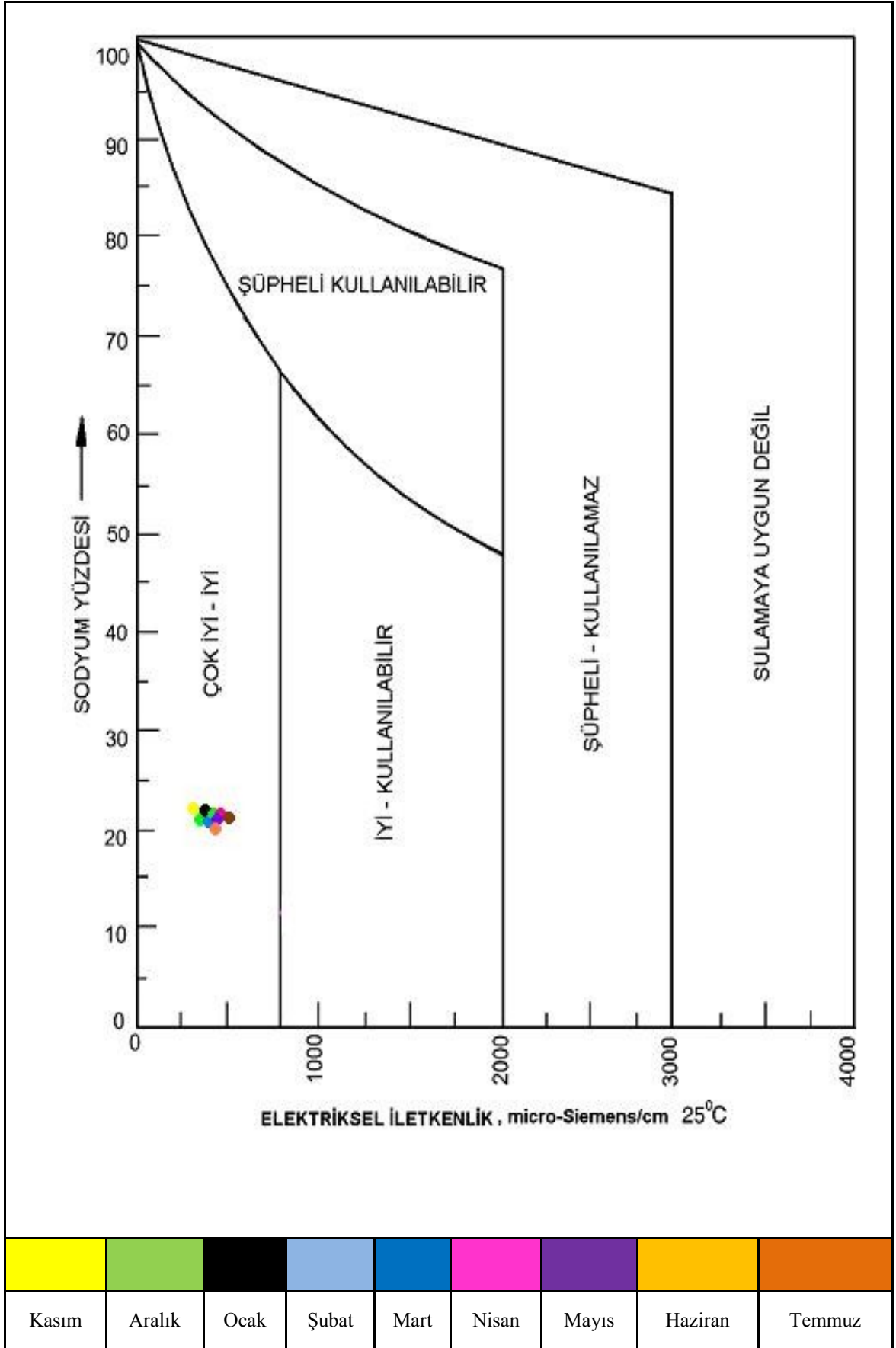


**EK-17.** 06 İmam Bakır örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi

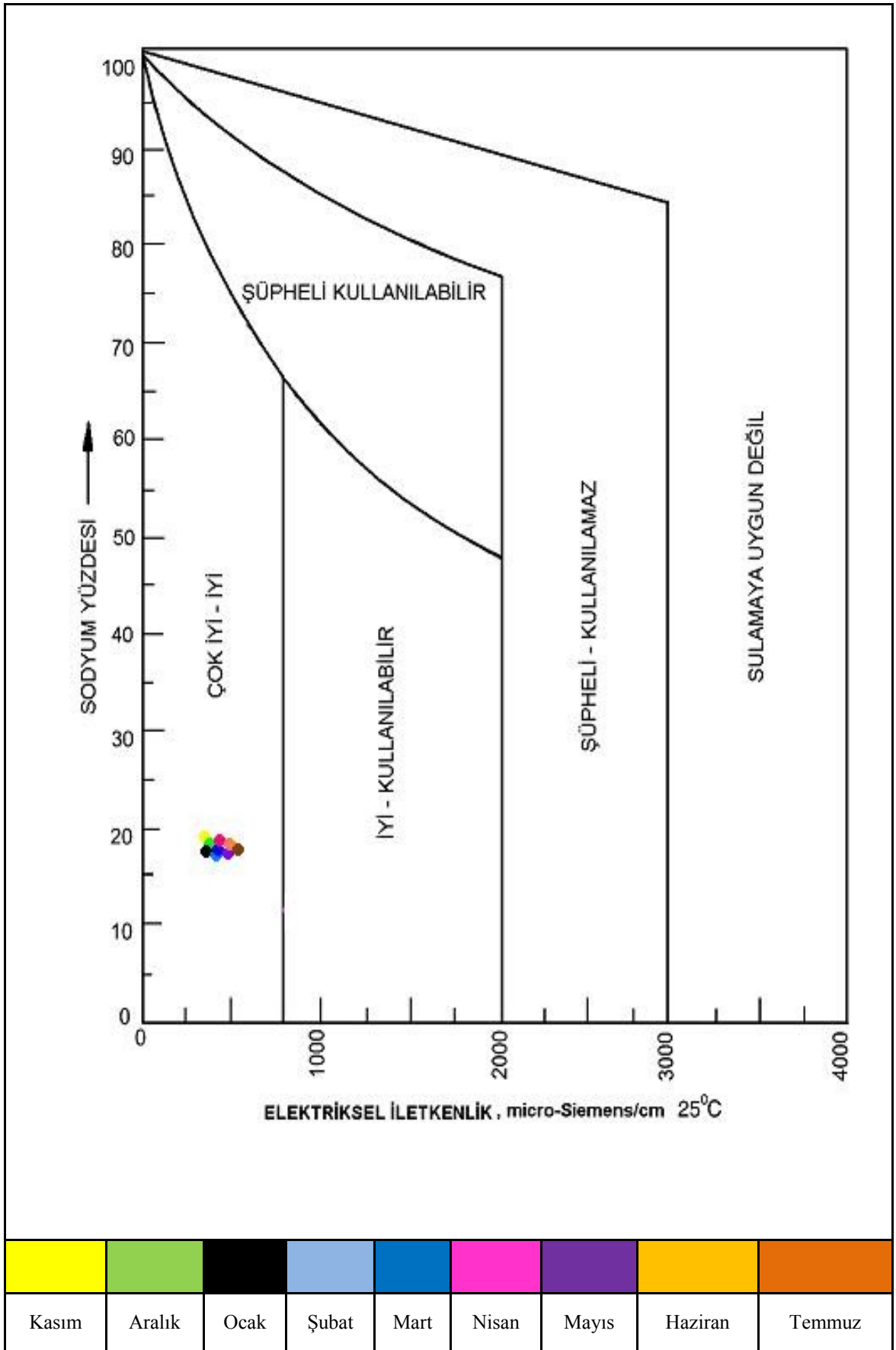




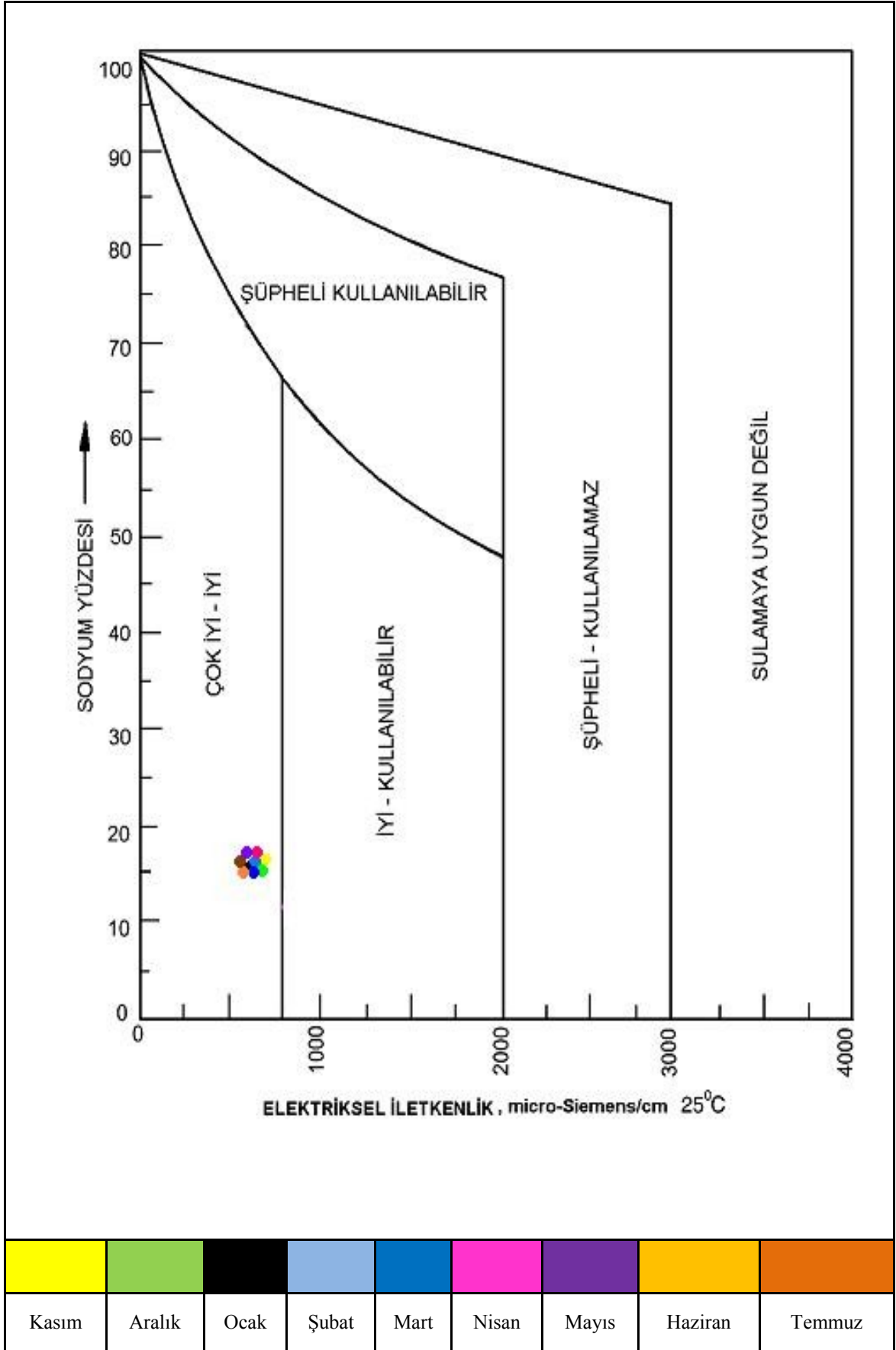
**EK-18.** 07 Bellitaş örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



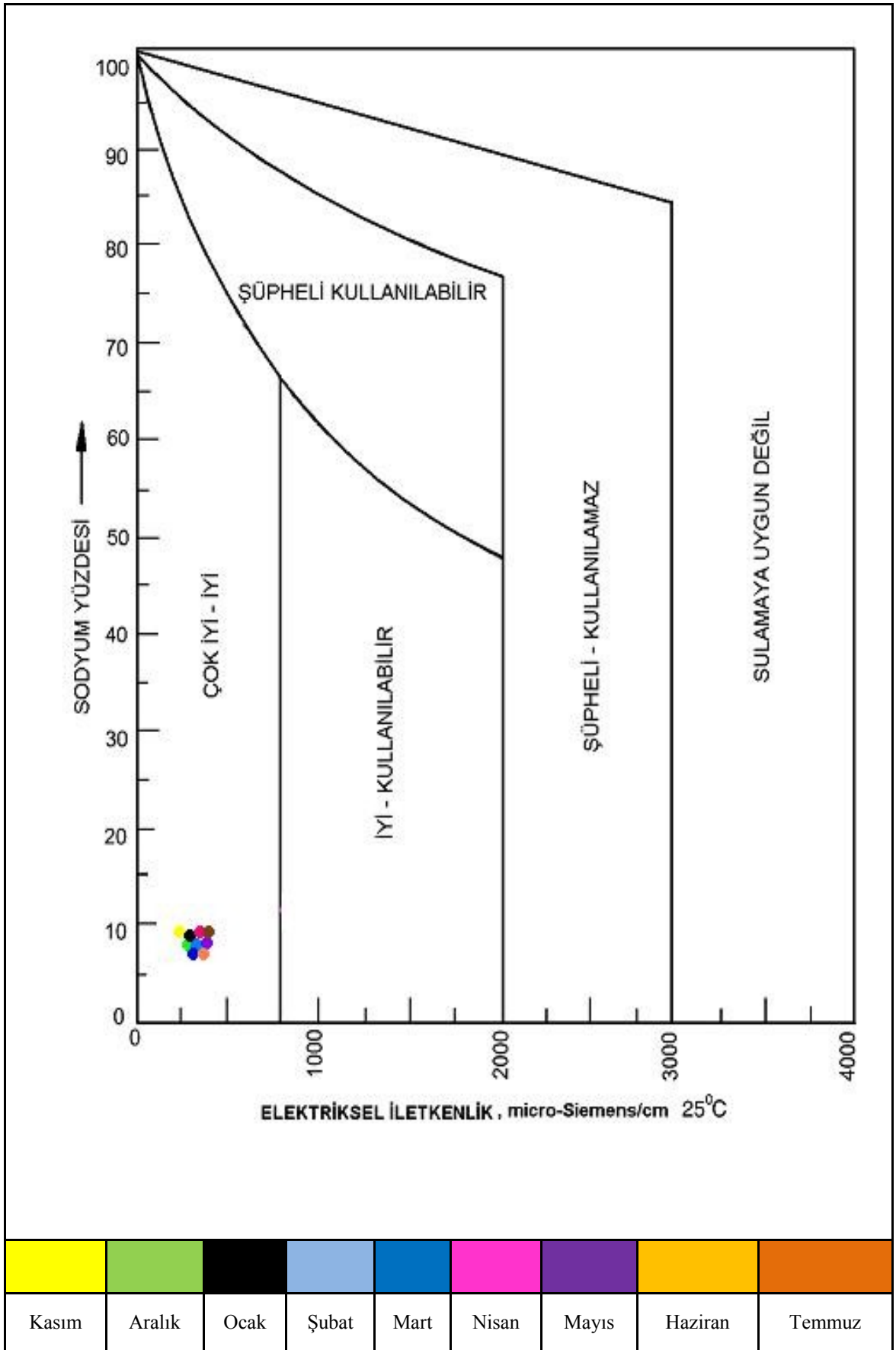
**EK-19.** 08 YİBO örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



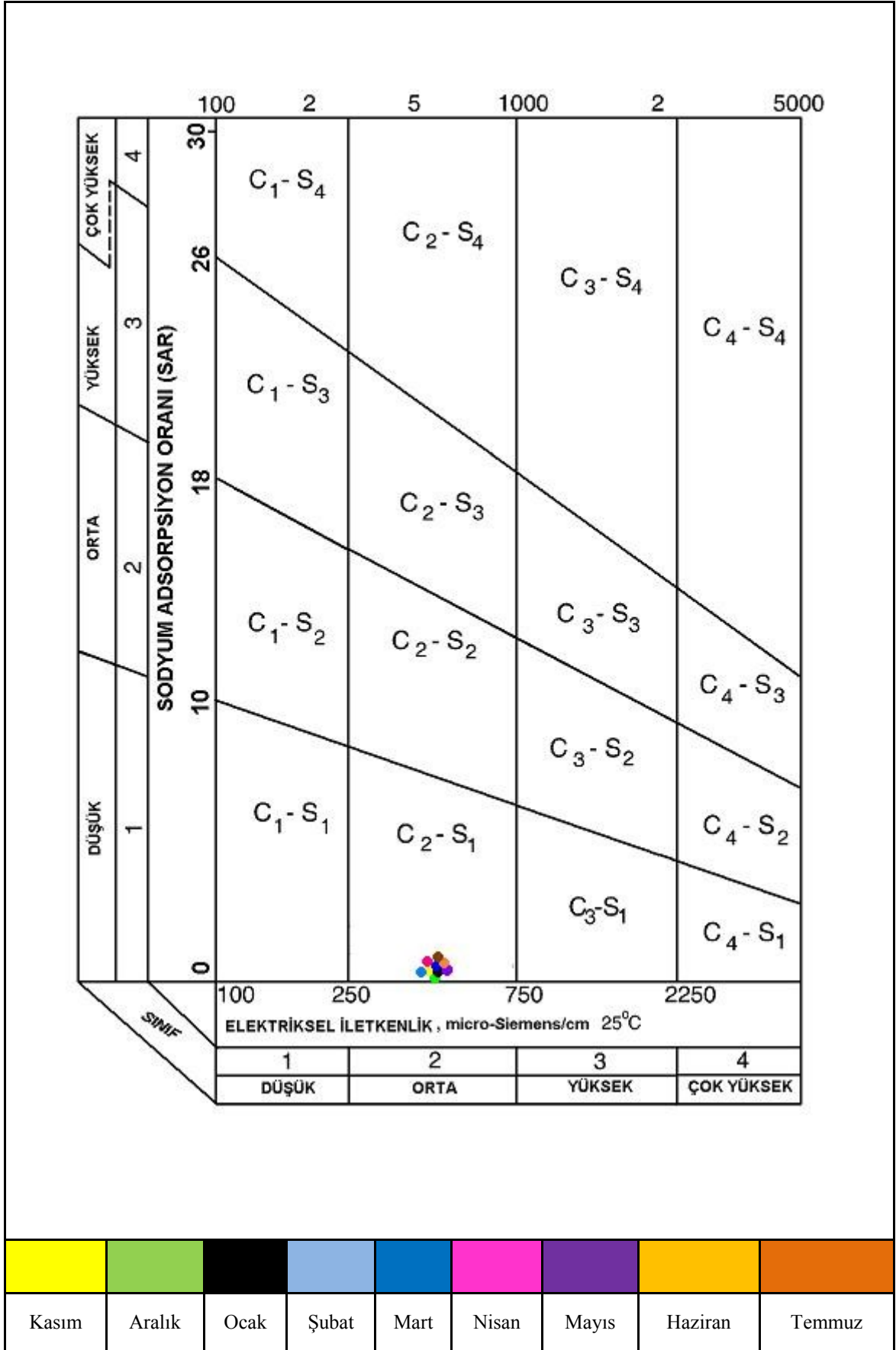
**EK-20.** 09 Altuntepe örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



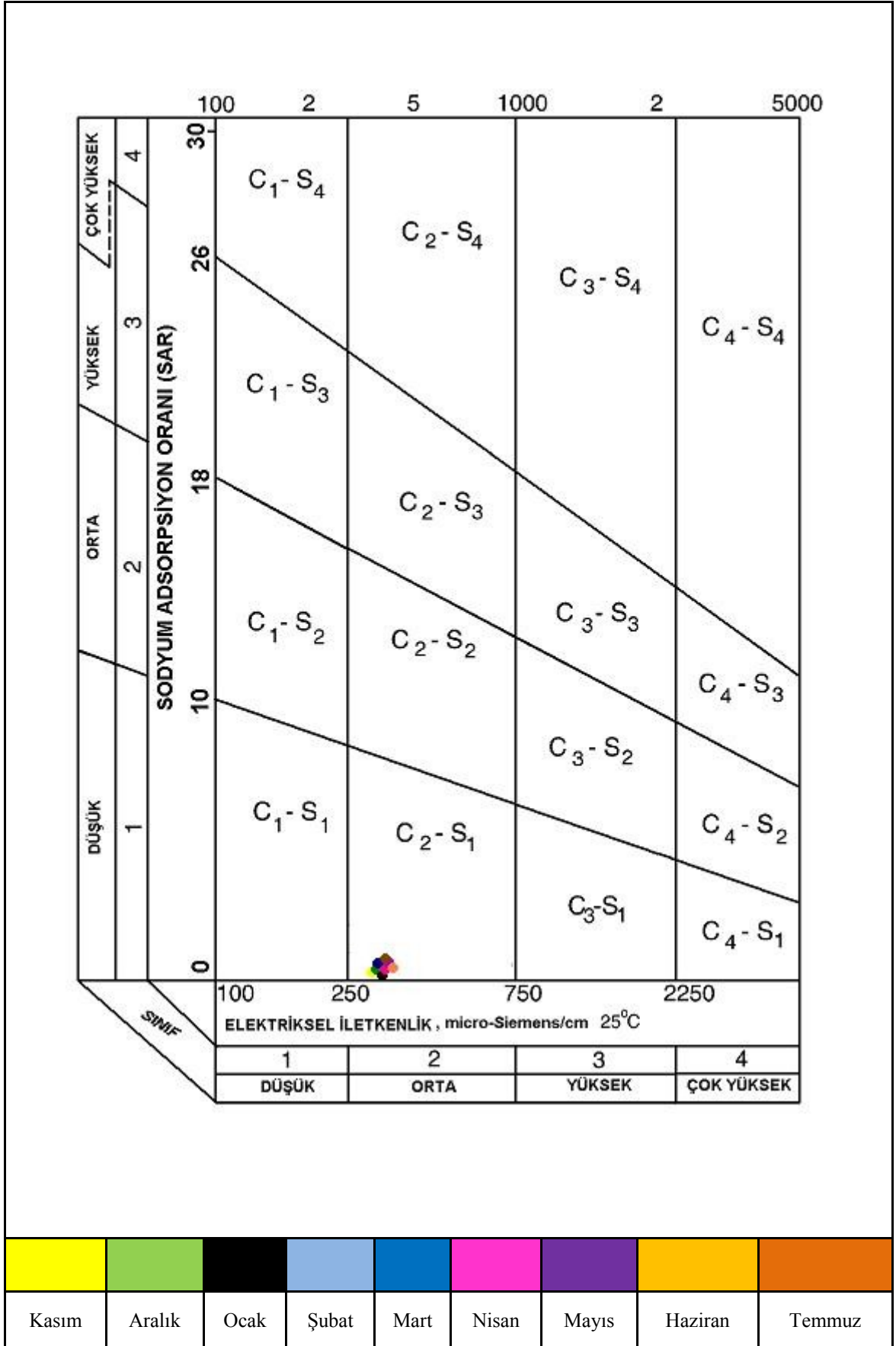
**EK-21.** 10 Çiçekli örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



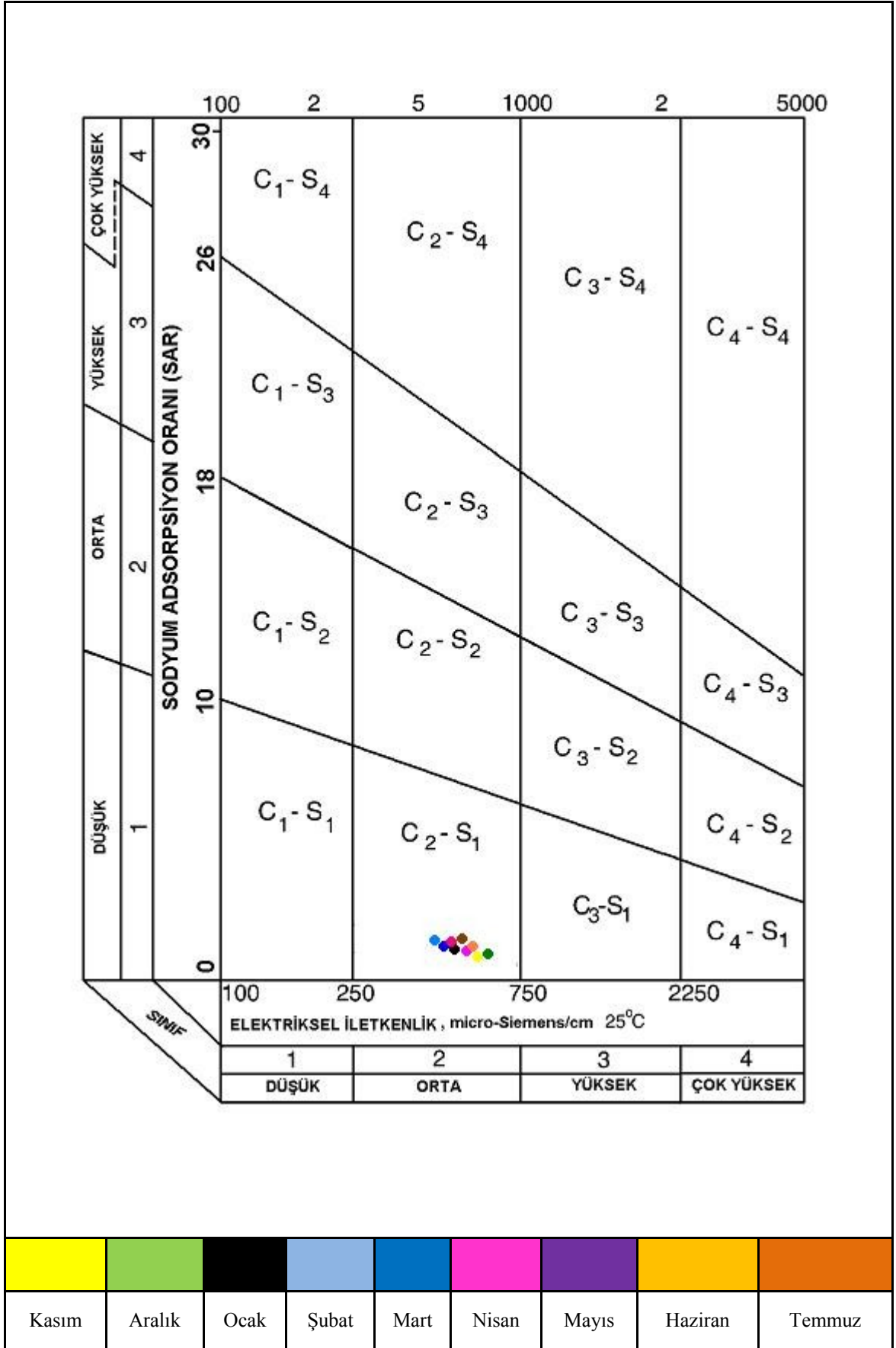
**EK-22.** 11 Osmanbey örnekleme noktasının Wilcox diyagramına göre aylık değişimi



**EK-23. 01** Şanlıyağ örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

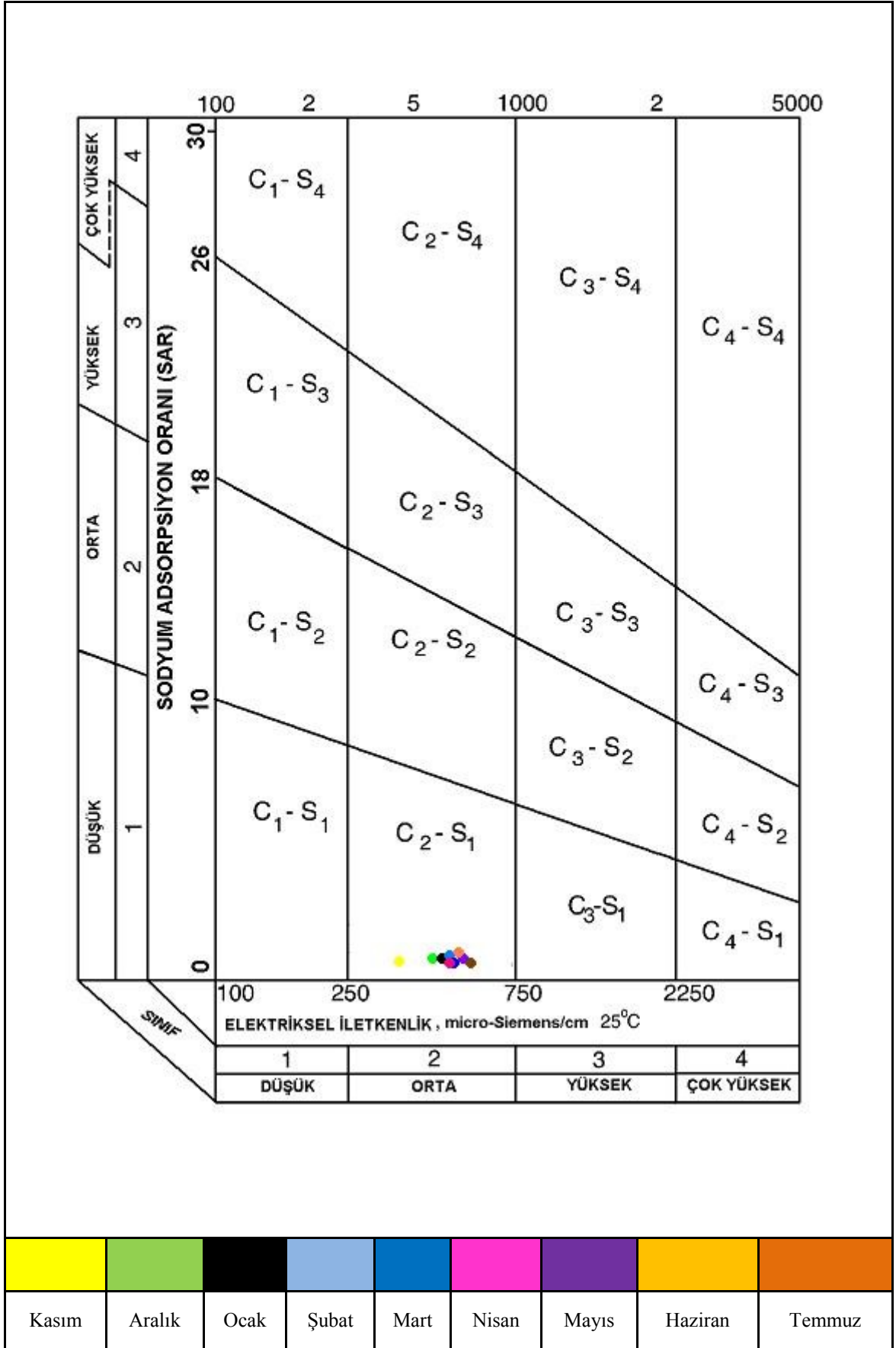


**EK-24.** 02 Uğurlu örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

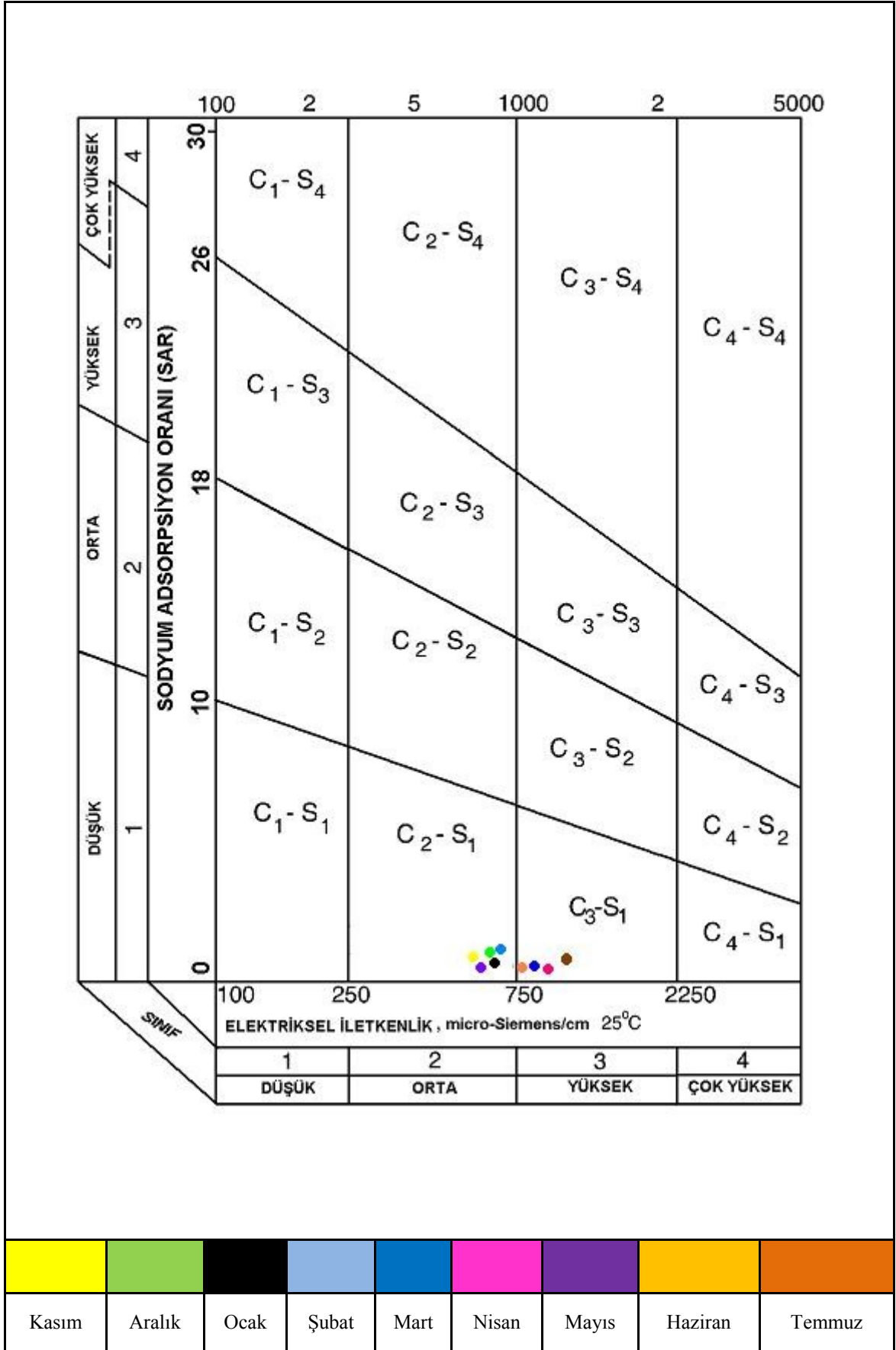


**EK-25.** 03 Yardımcı örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

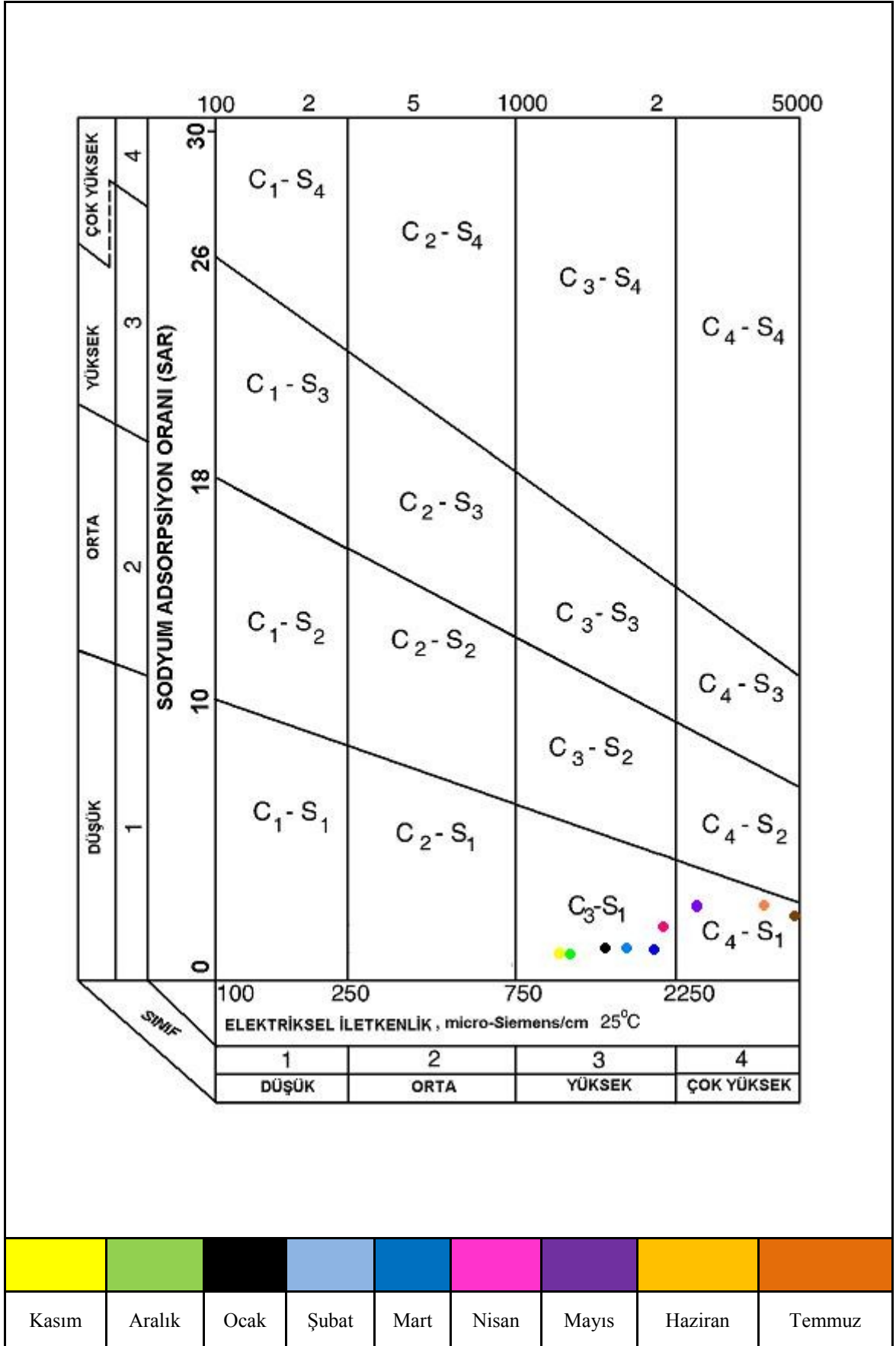




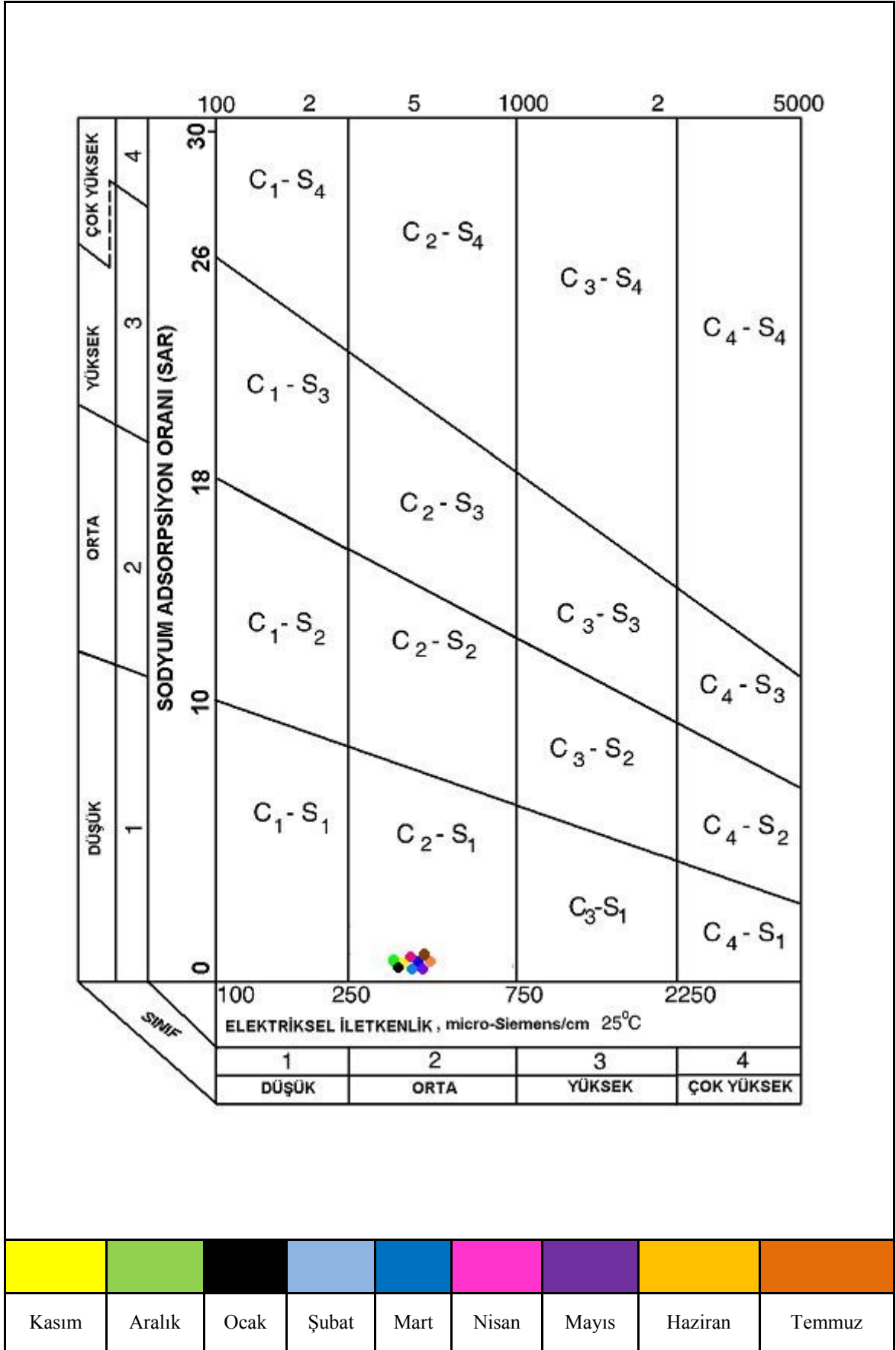
**EK-26.** 04 Baykuş örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi



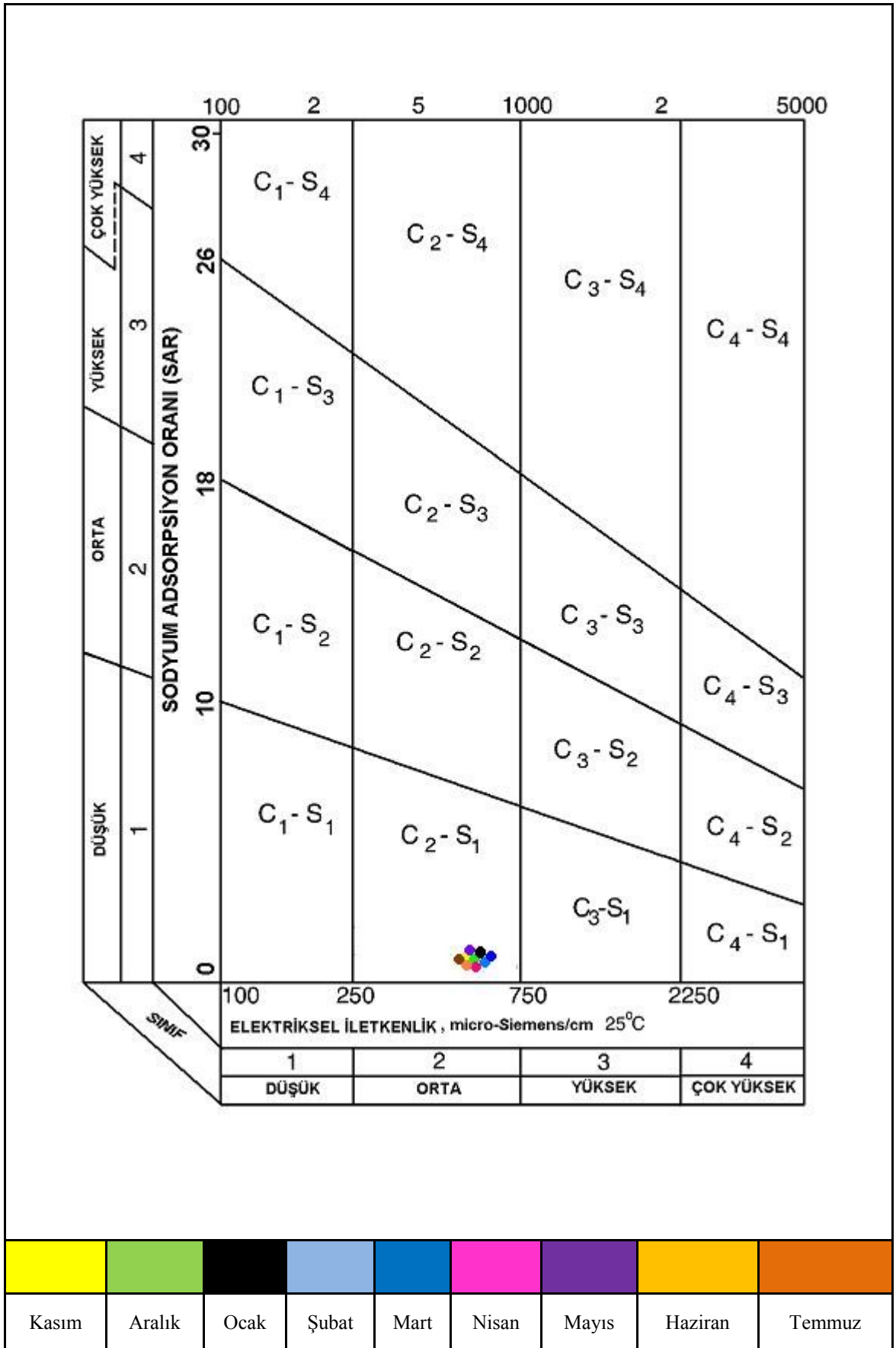
**EK-27.** 05 Tahılın örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi



**EK-28.** 06 İmam Bakır örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

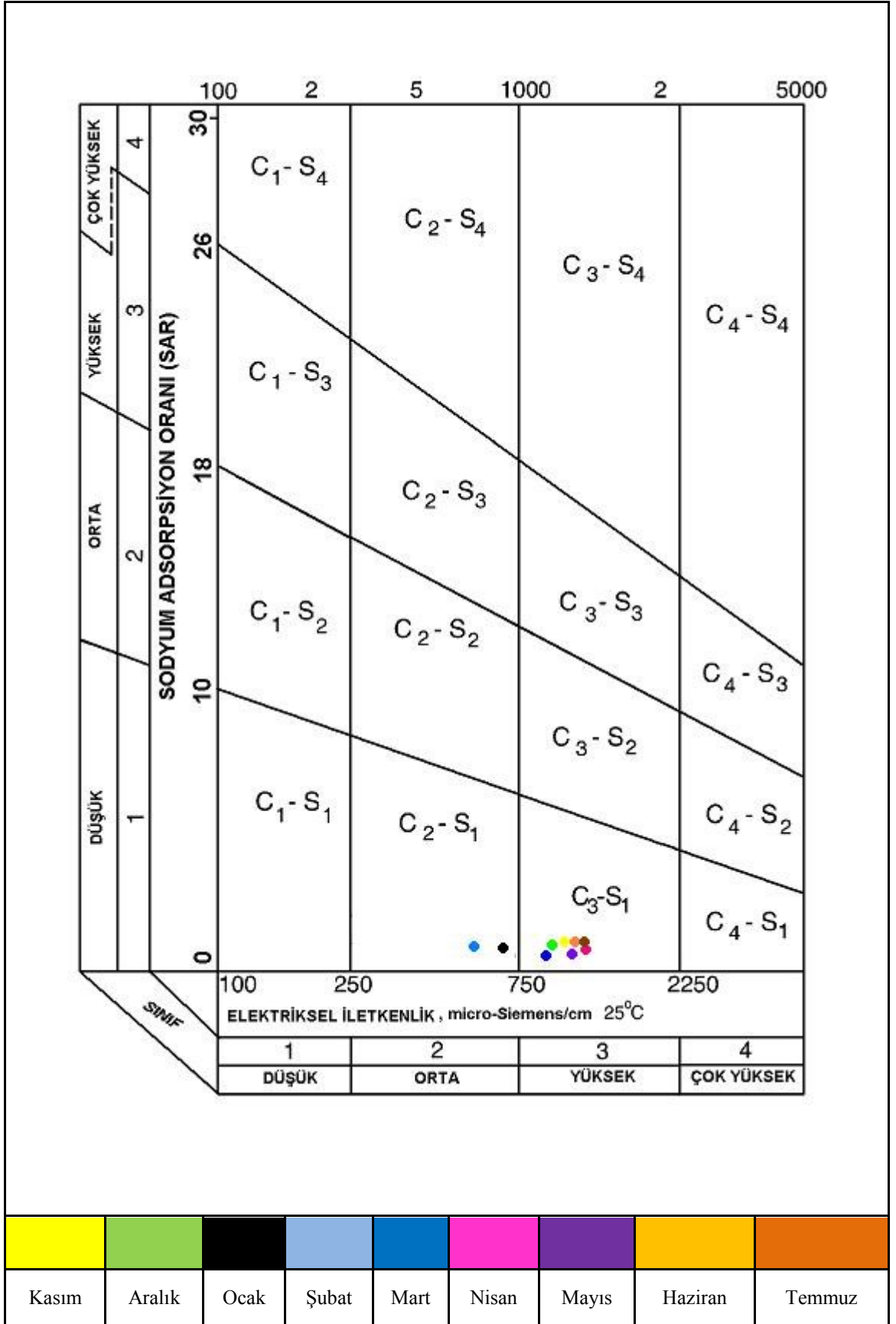


**EK-29.** 07 Bellitaş örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

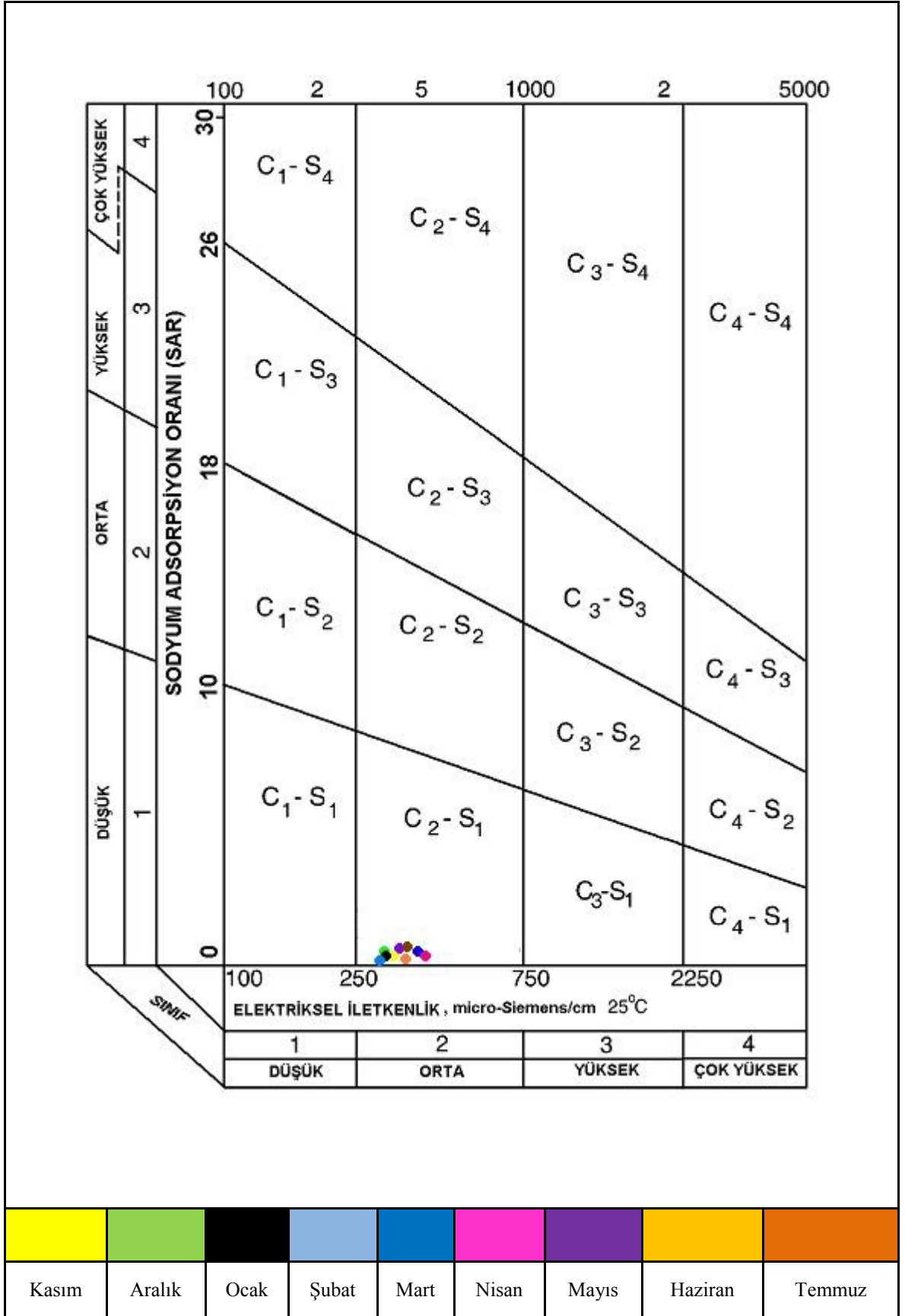


**EK-30.** 08 Bellitaş örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi



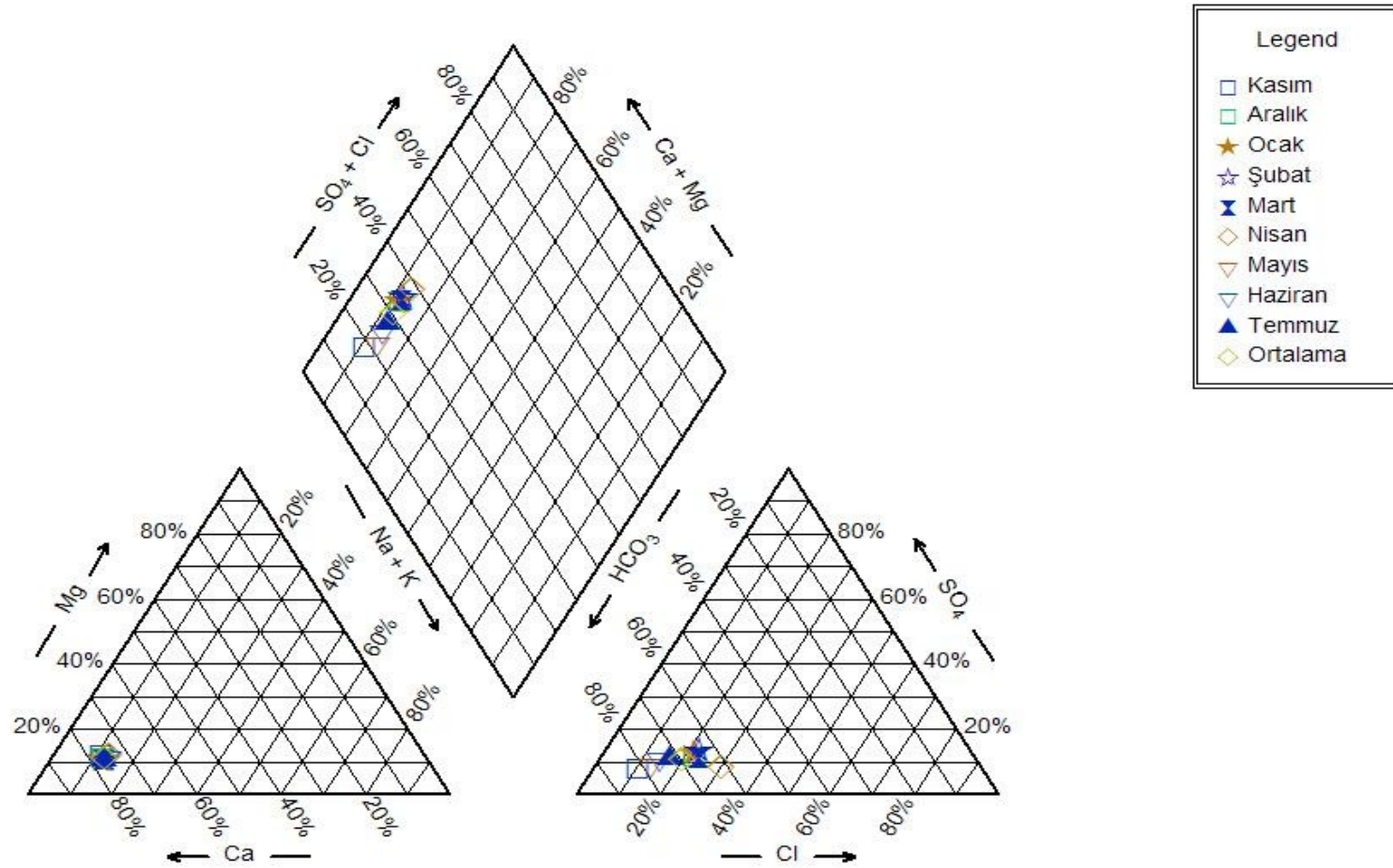


**EK-32.** 10 Çiçekli örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

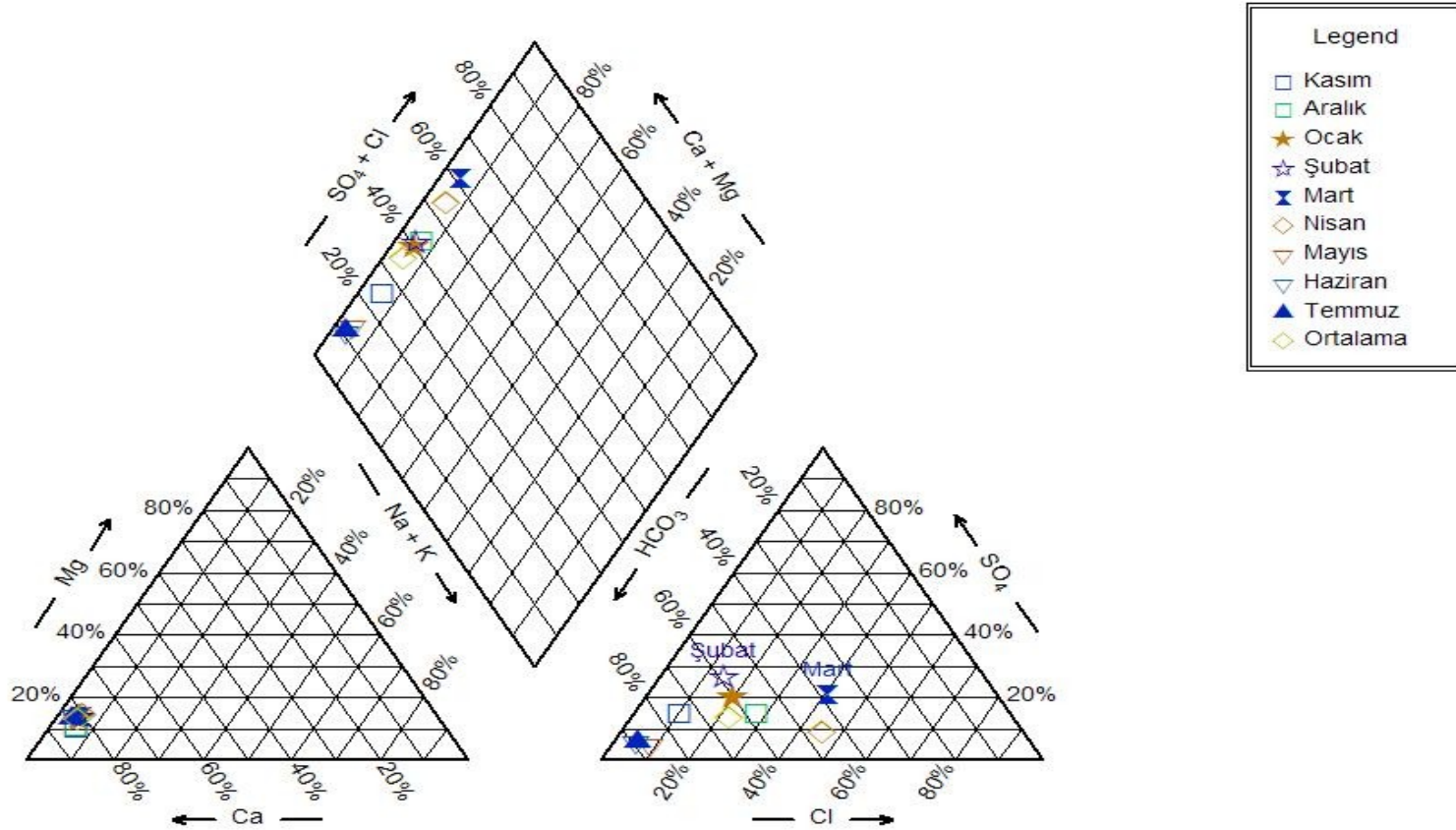


**EK-33.** 11 Osmanbey örnekleme noktasının ABD Tuzluluk diyagramına göre aylık değişimi

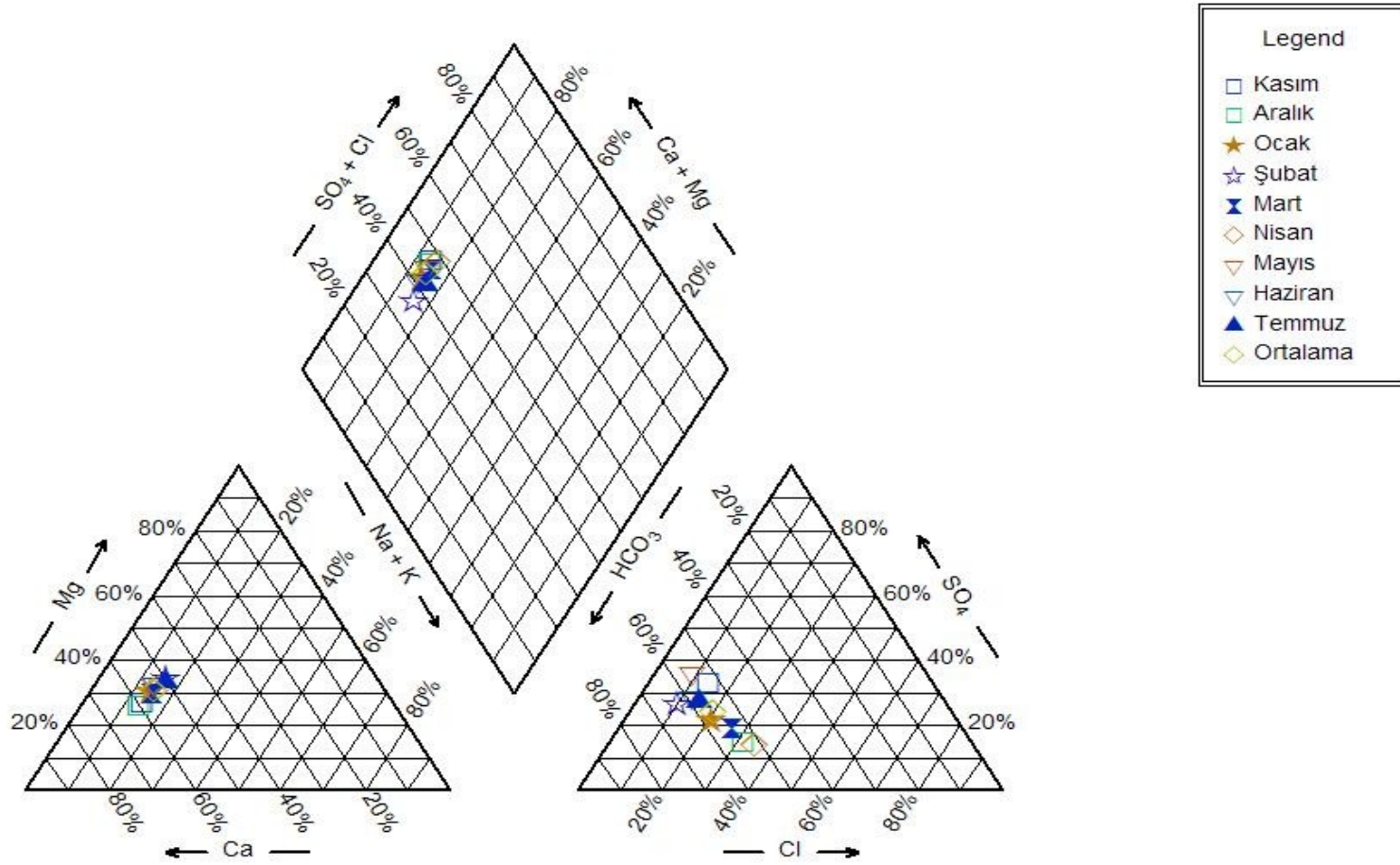




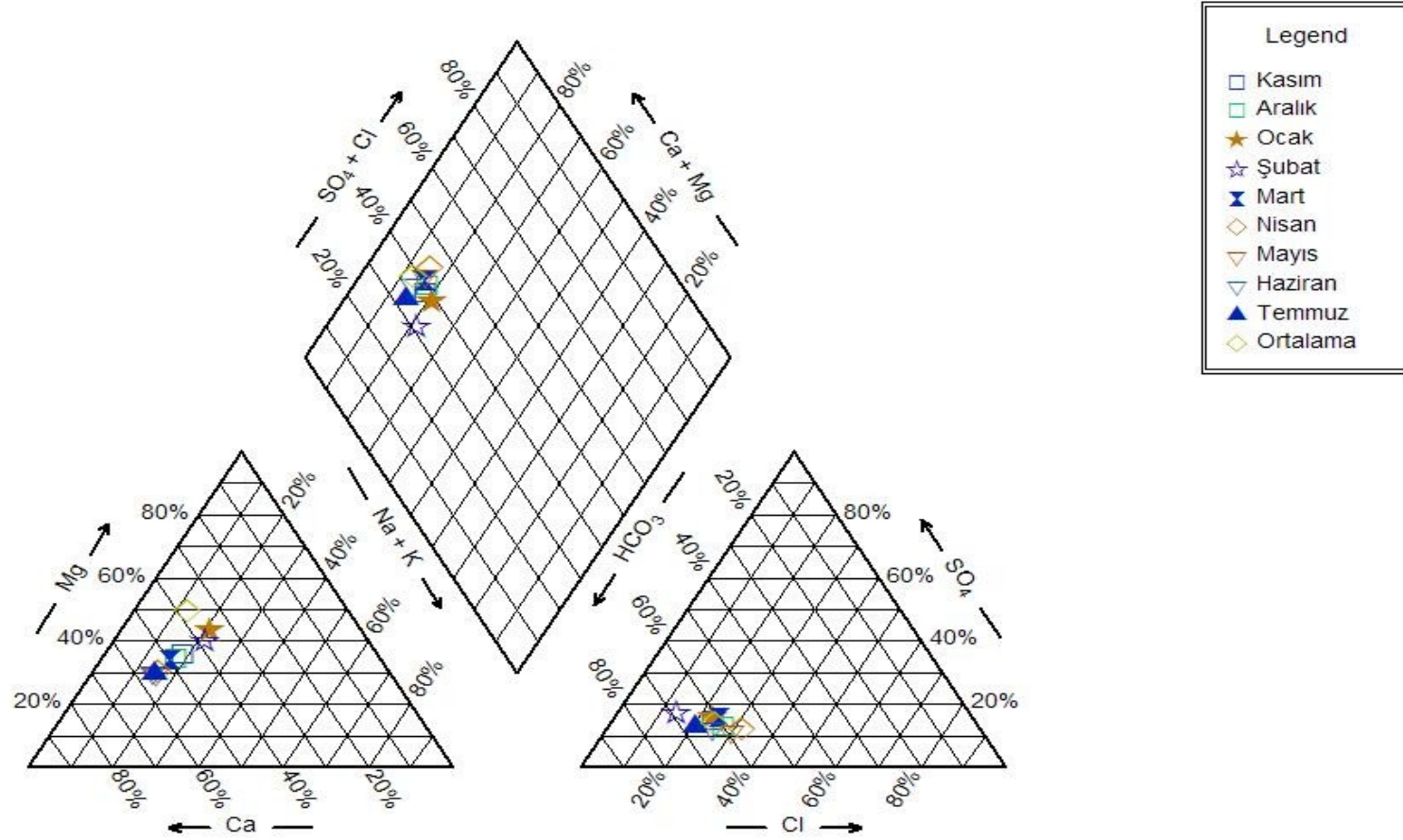
**EK-34.** 01 Şanlıyağ örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



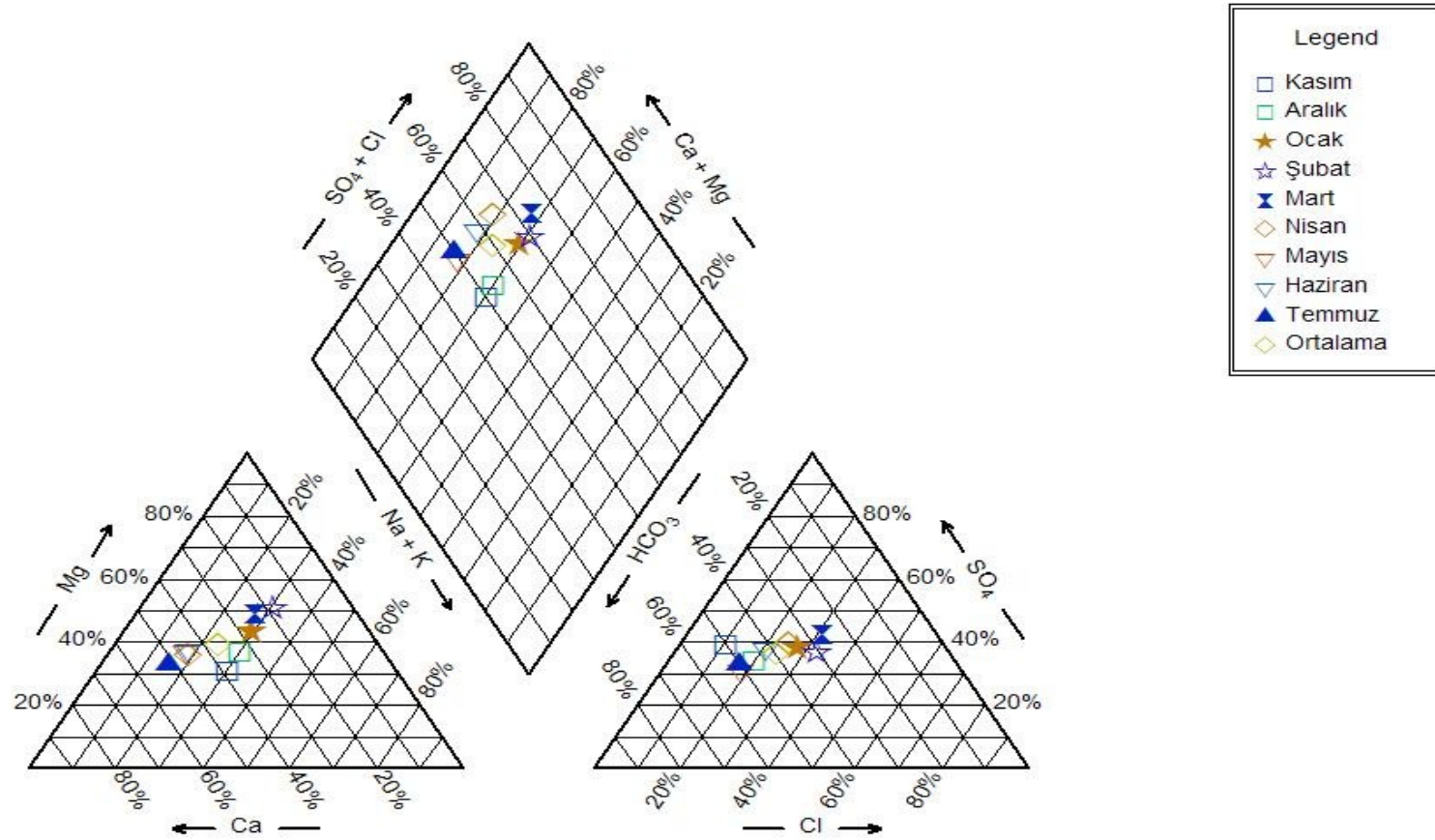
EK-35. 02 Uğurlu örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



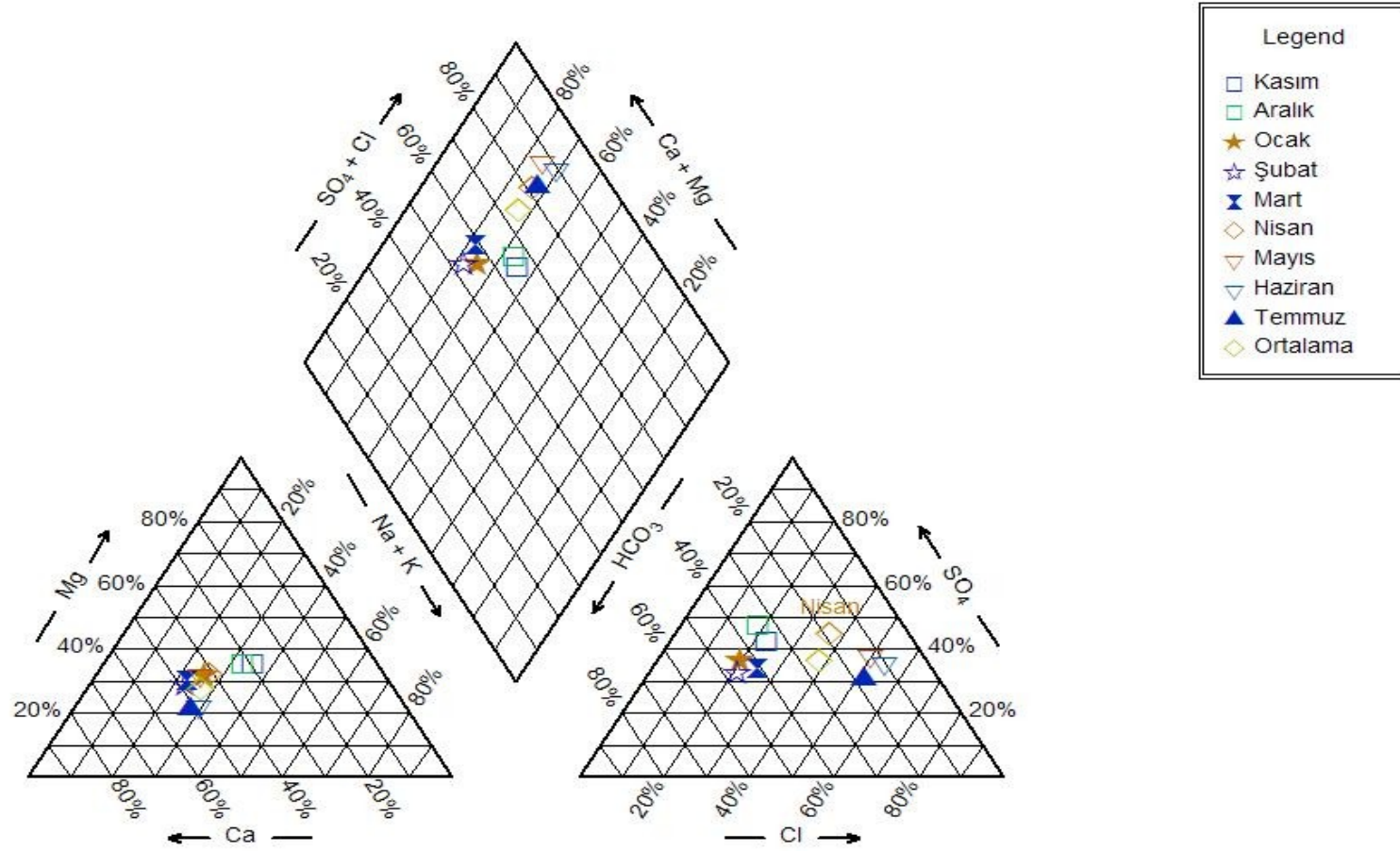
EK-36. 03 Yardımcı örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



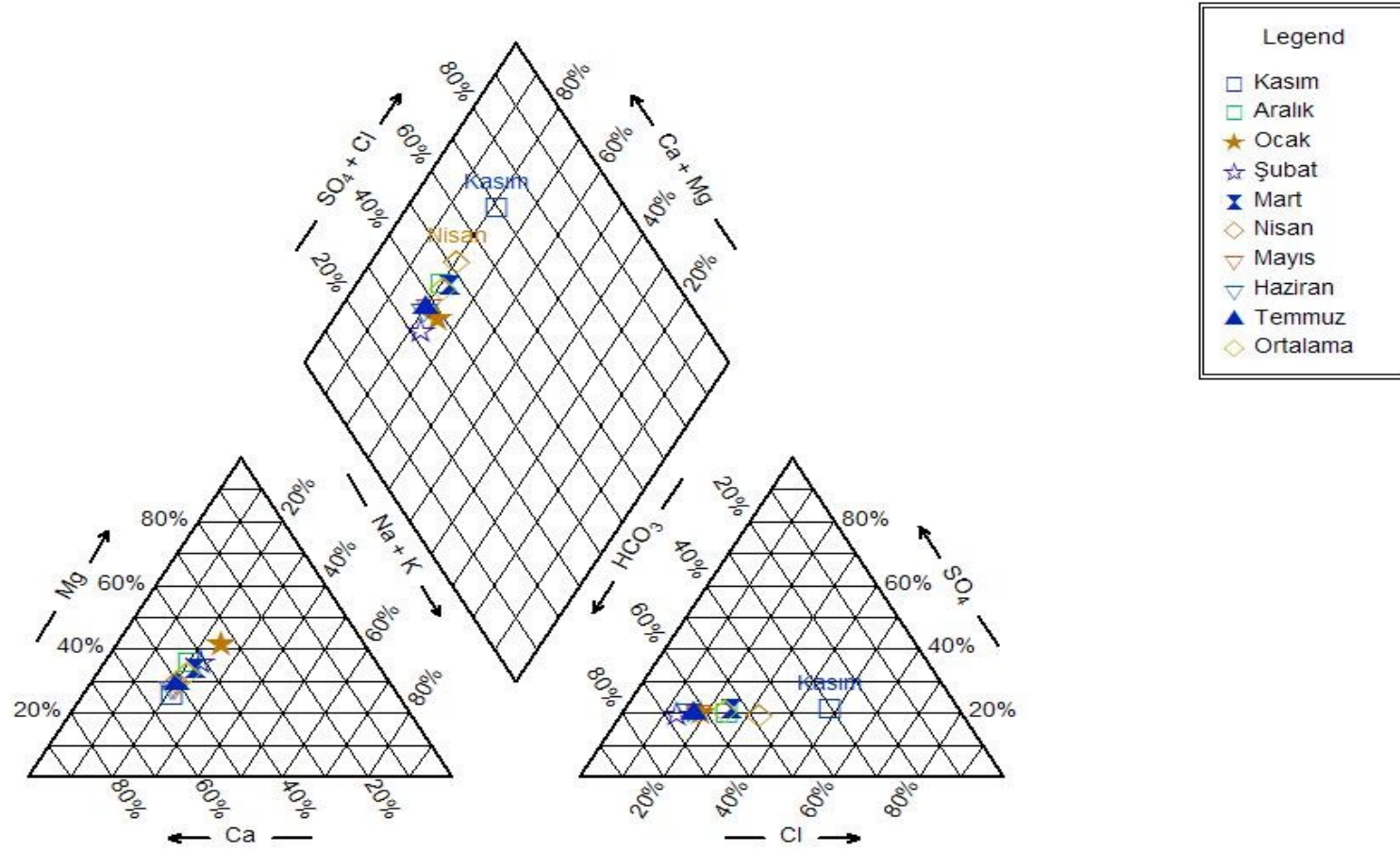
EK-37. 04 Baykuş örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



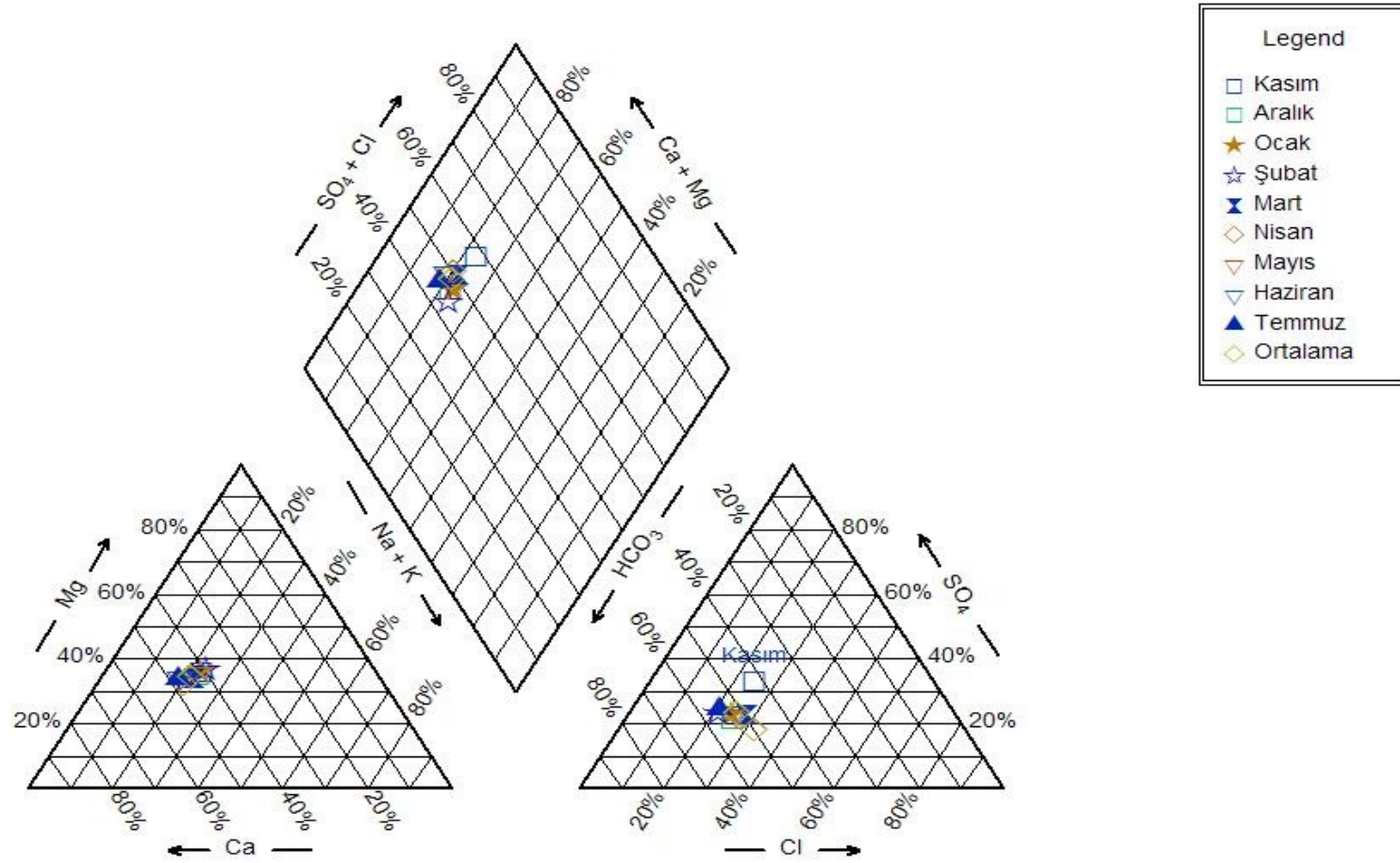
EK-38. 05 Tahılan örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



EK-39. 06 İmam Bakır örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi

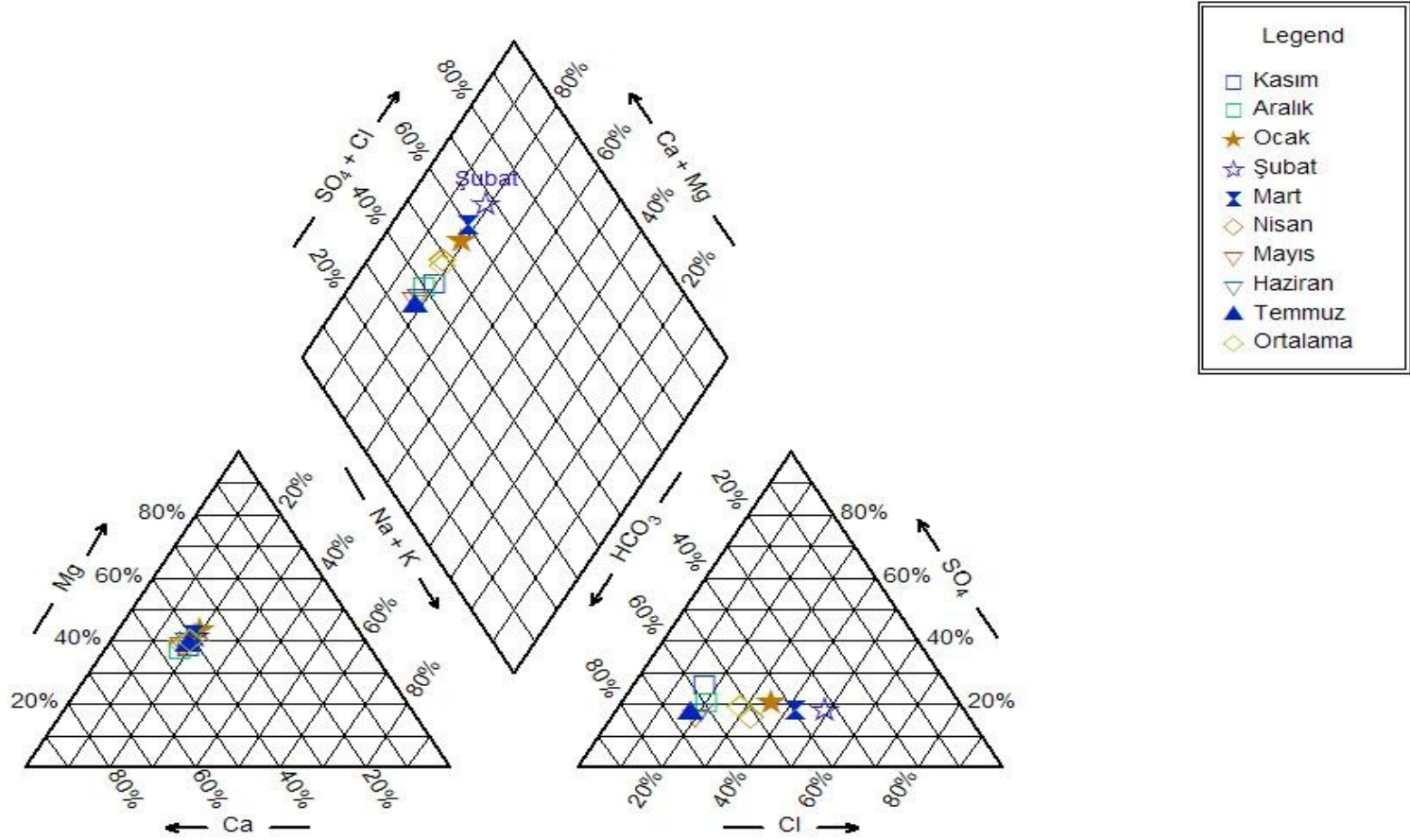


EK-40. 07 Bellitaş örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi

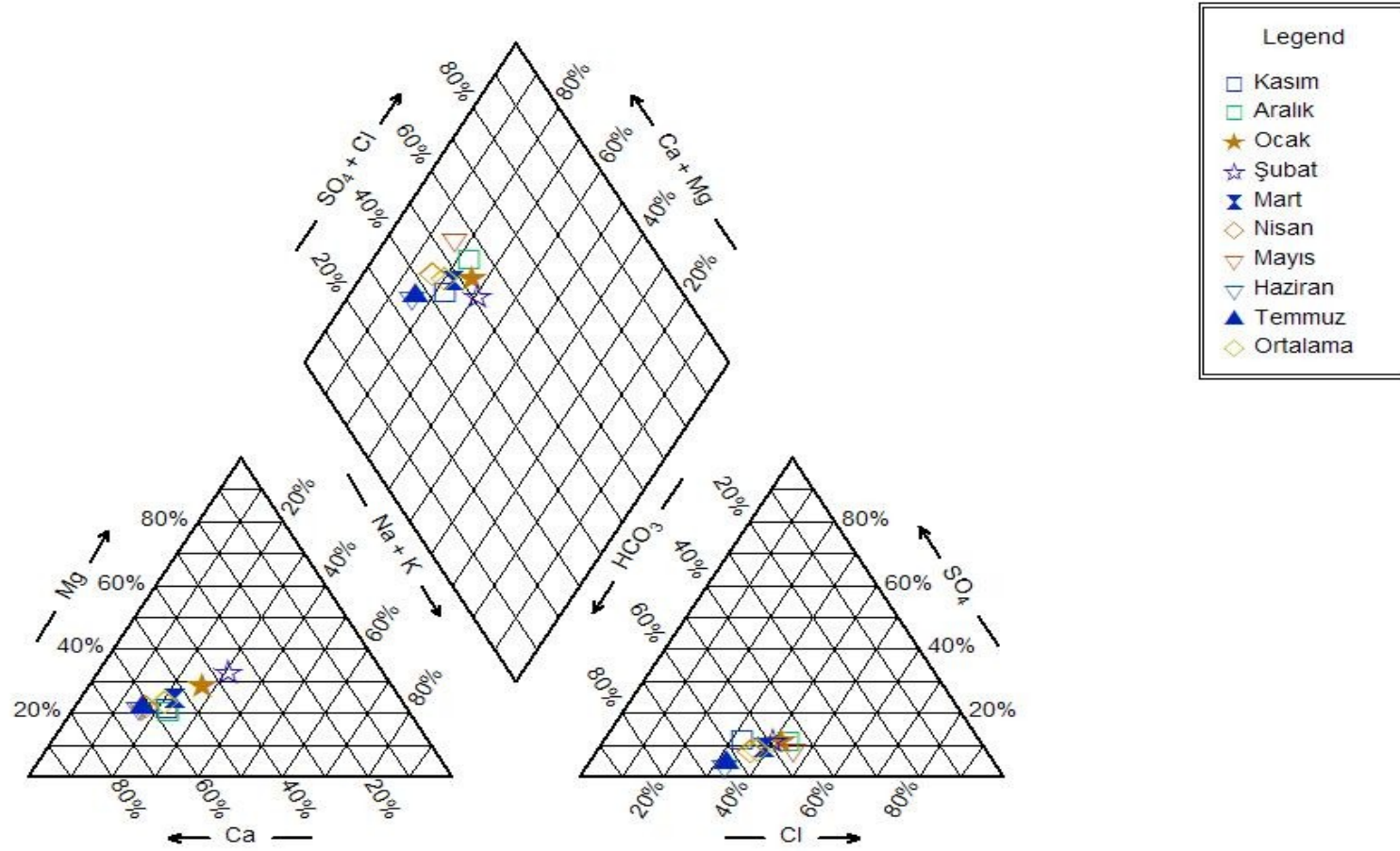


EK-41. 08 YİBO örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi

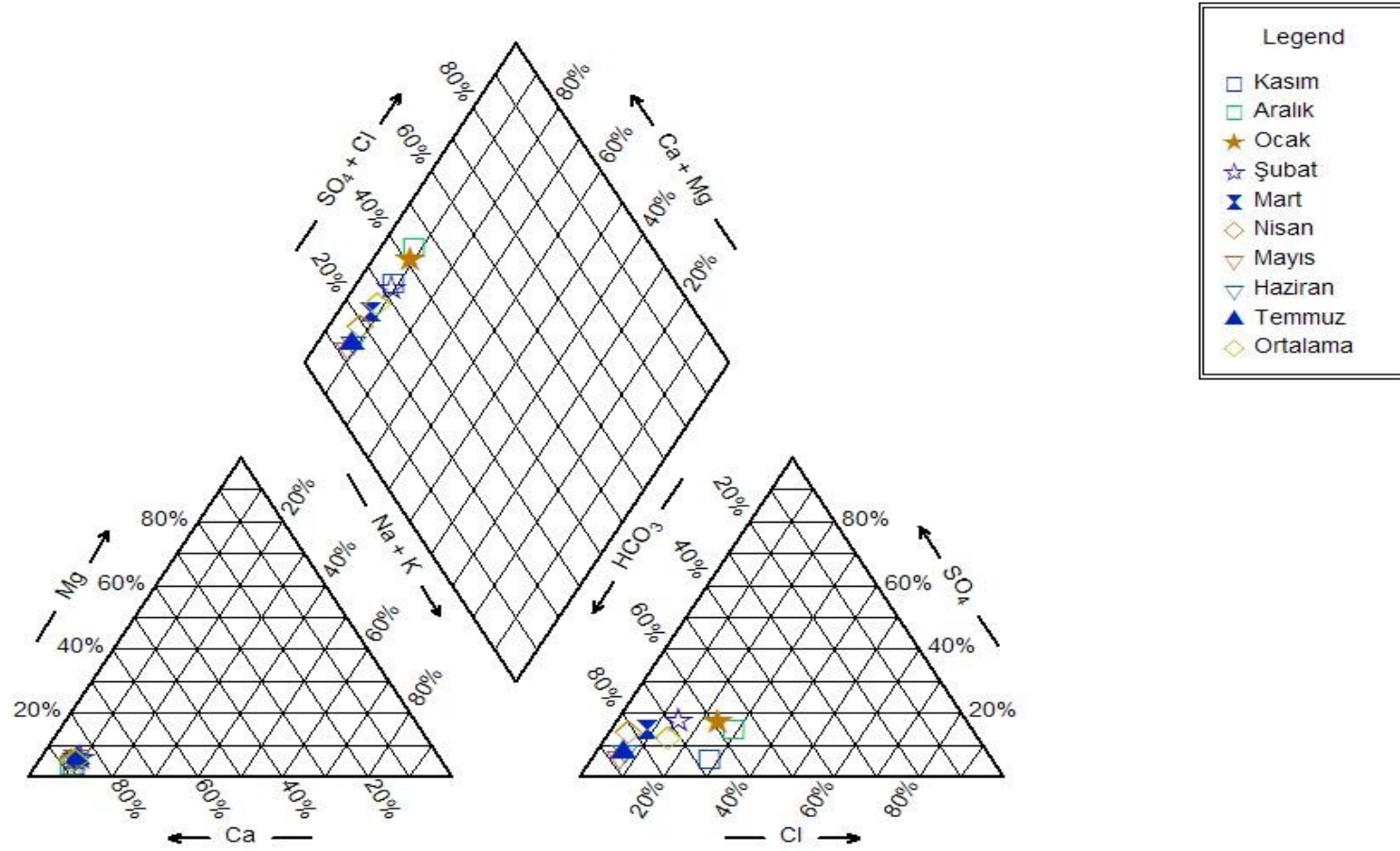




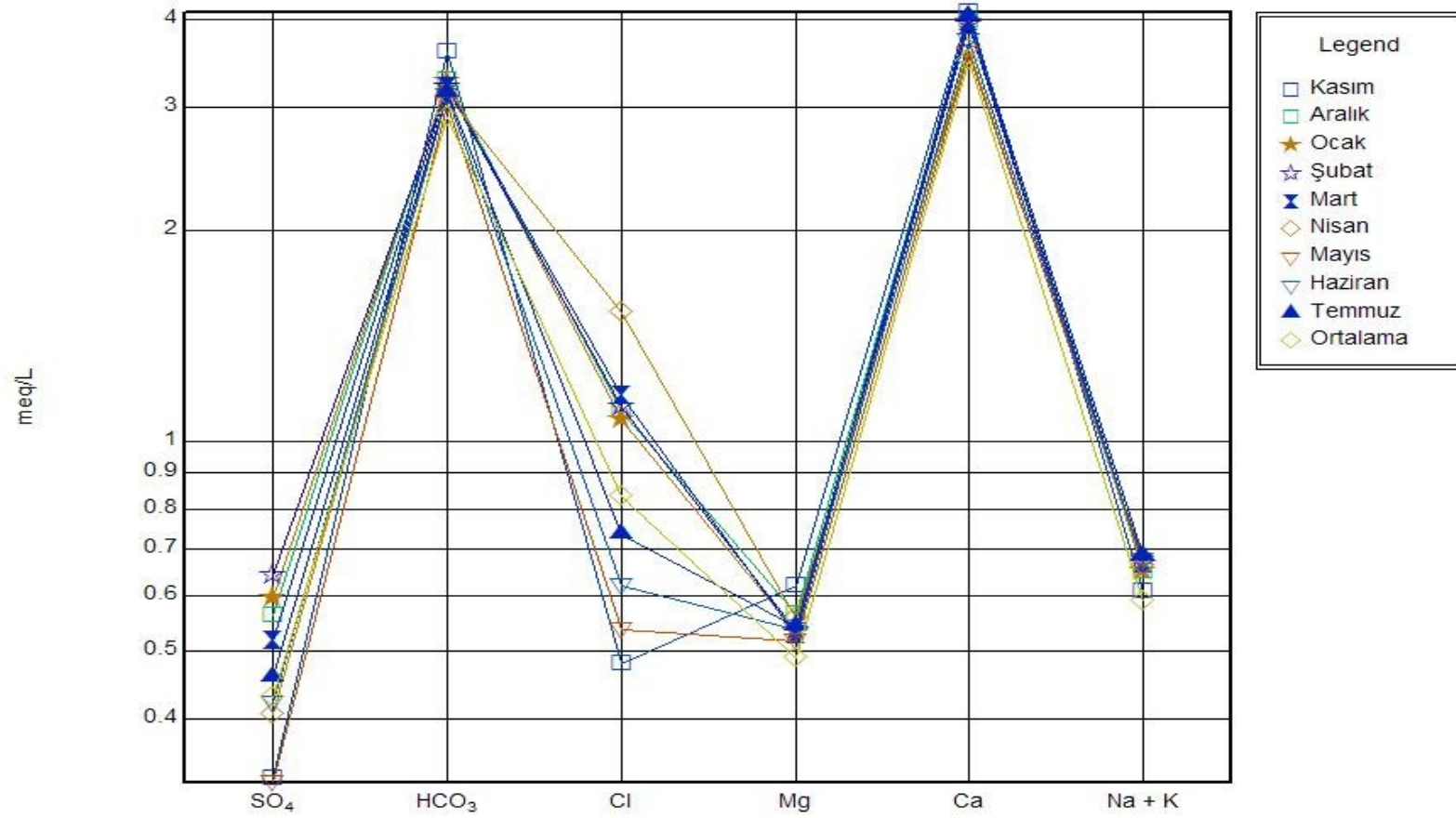
EK-42. 09 Altuntepe örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



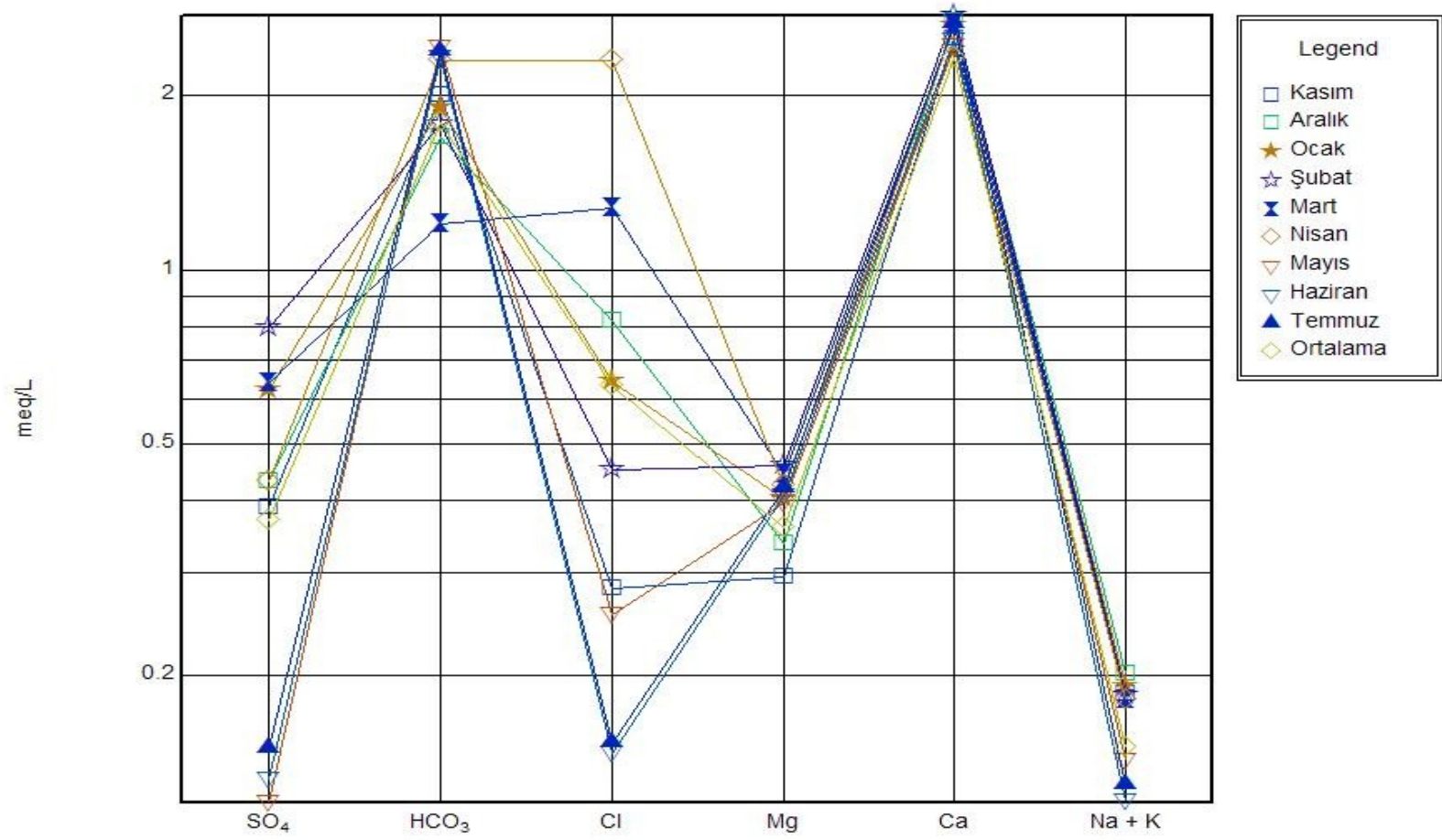
EK-43. 10 Çiçekli örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



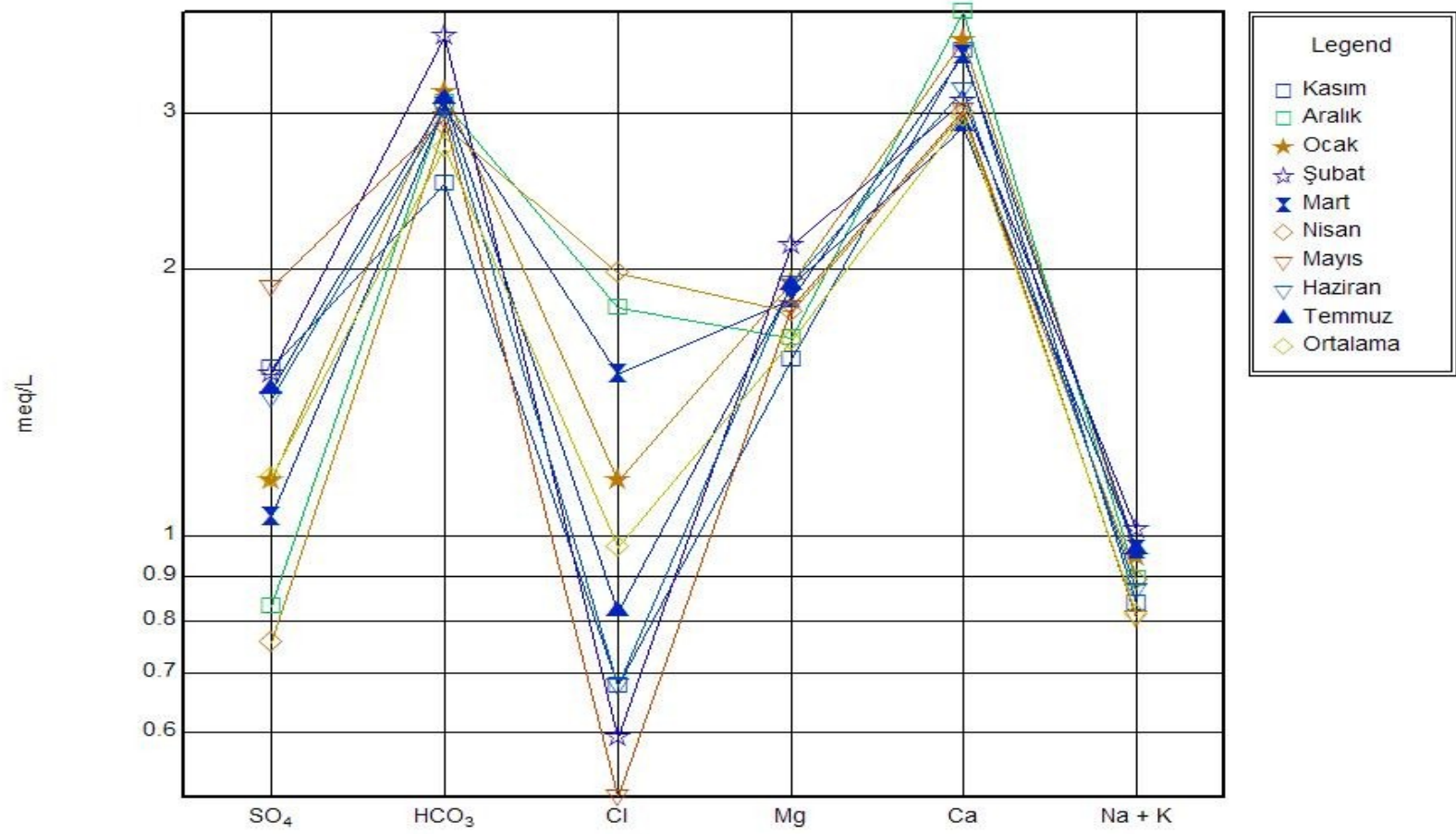
EK-44. 11 Osmanbey örnekleme noktasının Piper diyagramına göre aylık değişimi



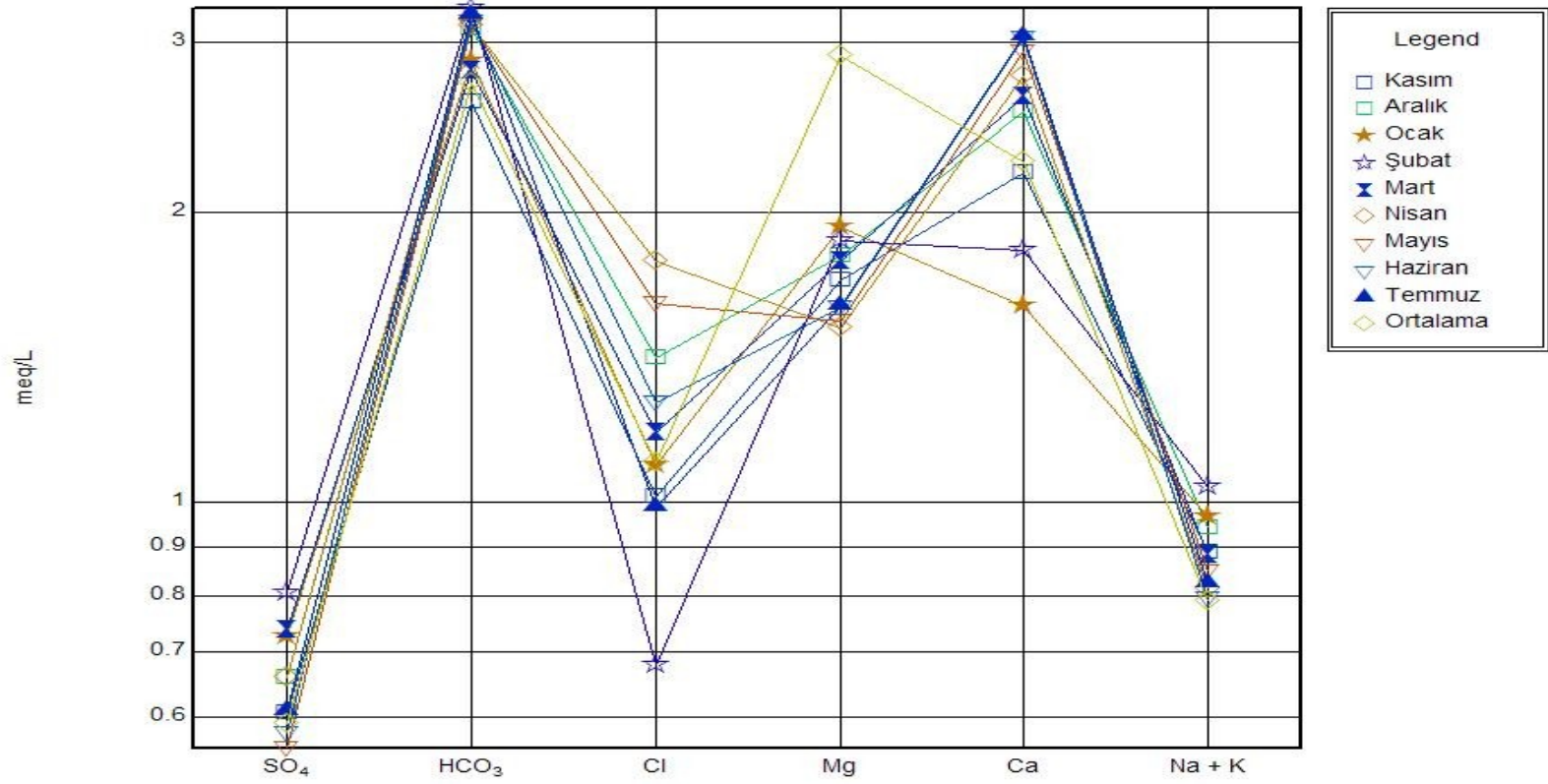
**EK-45.** 01 Şanlıyağ örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



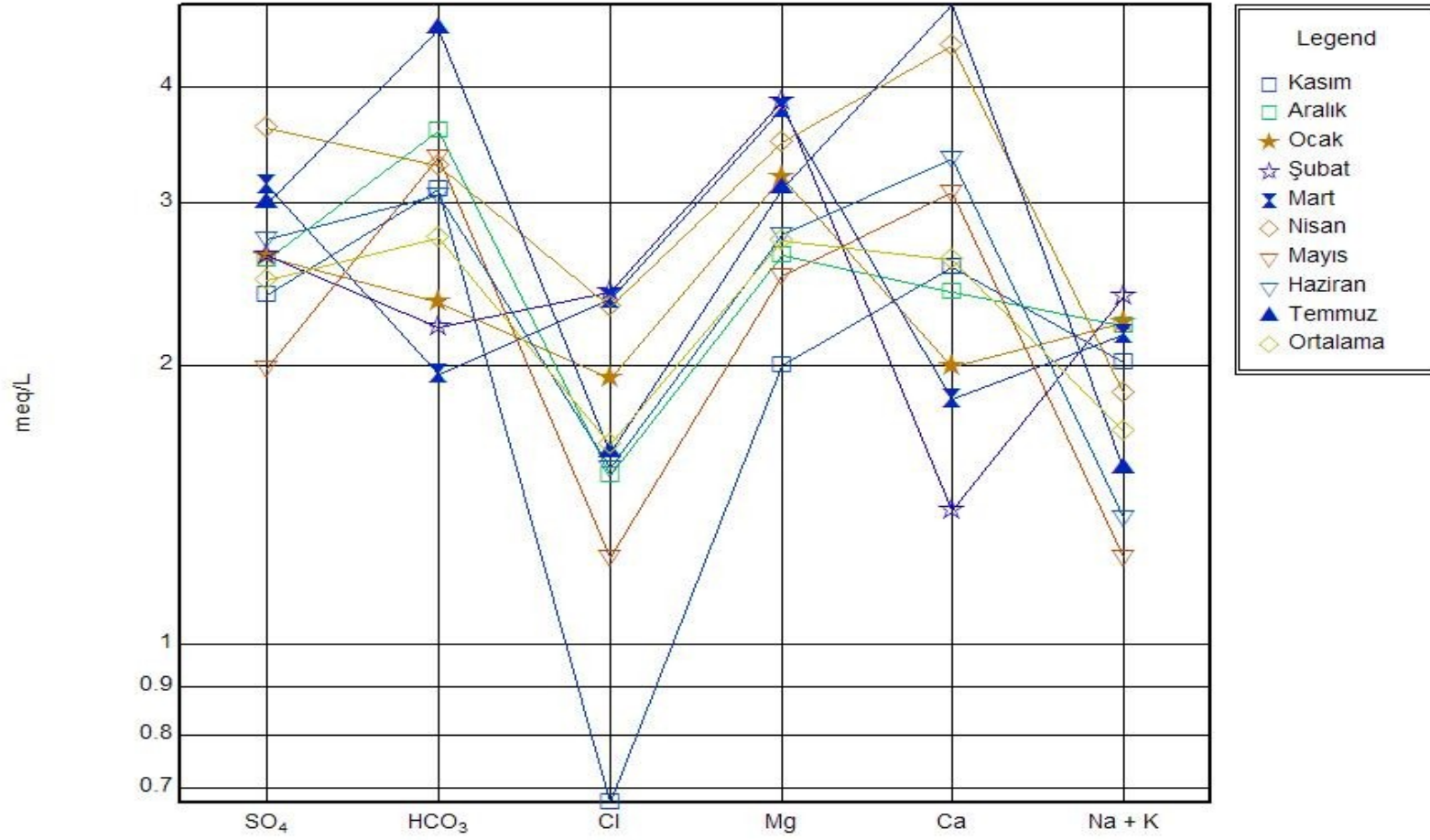
EK-46. 02 Uğurlu örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



**EK-47.** 03 Yardımcı örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi

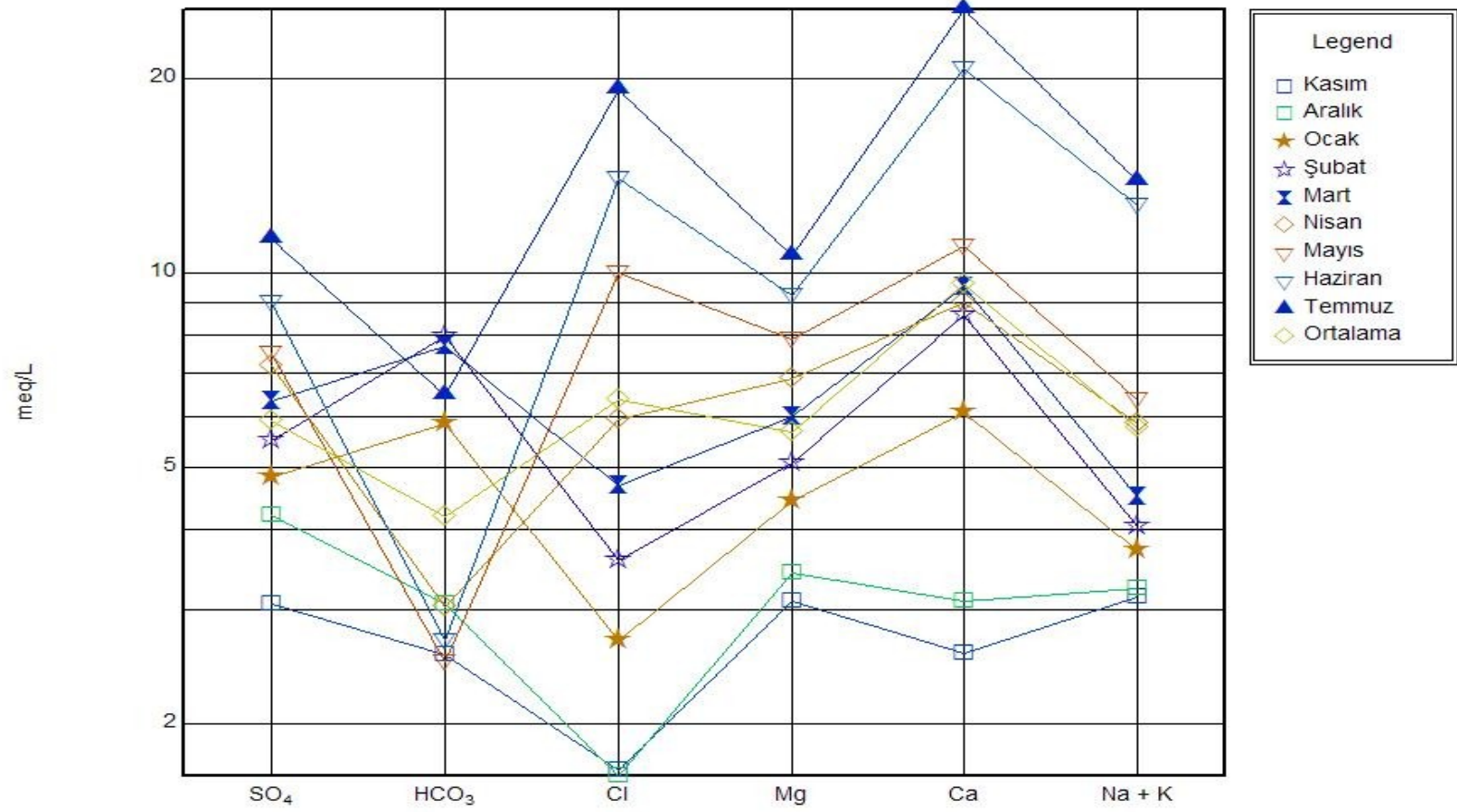


**EK-48.** 04 Baykuş örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi

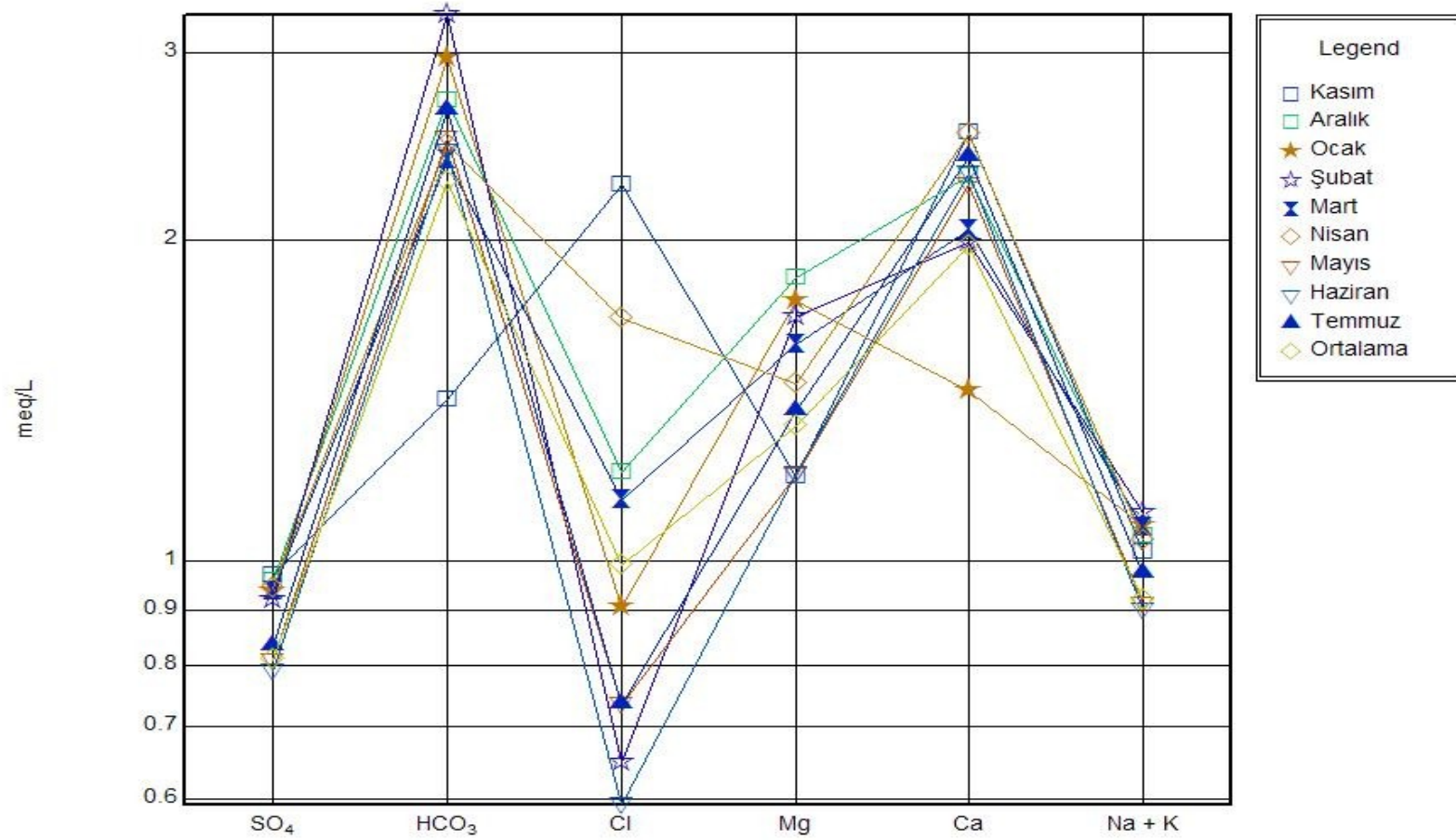


EK-49. 05 Tahılan örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi

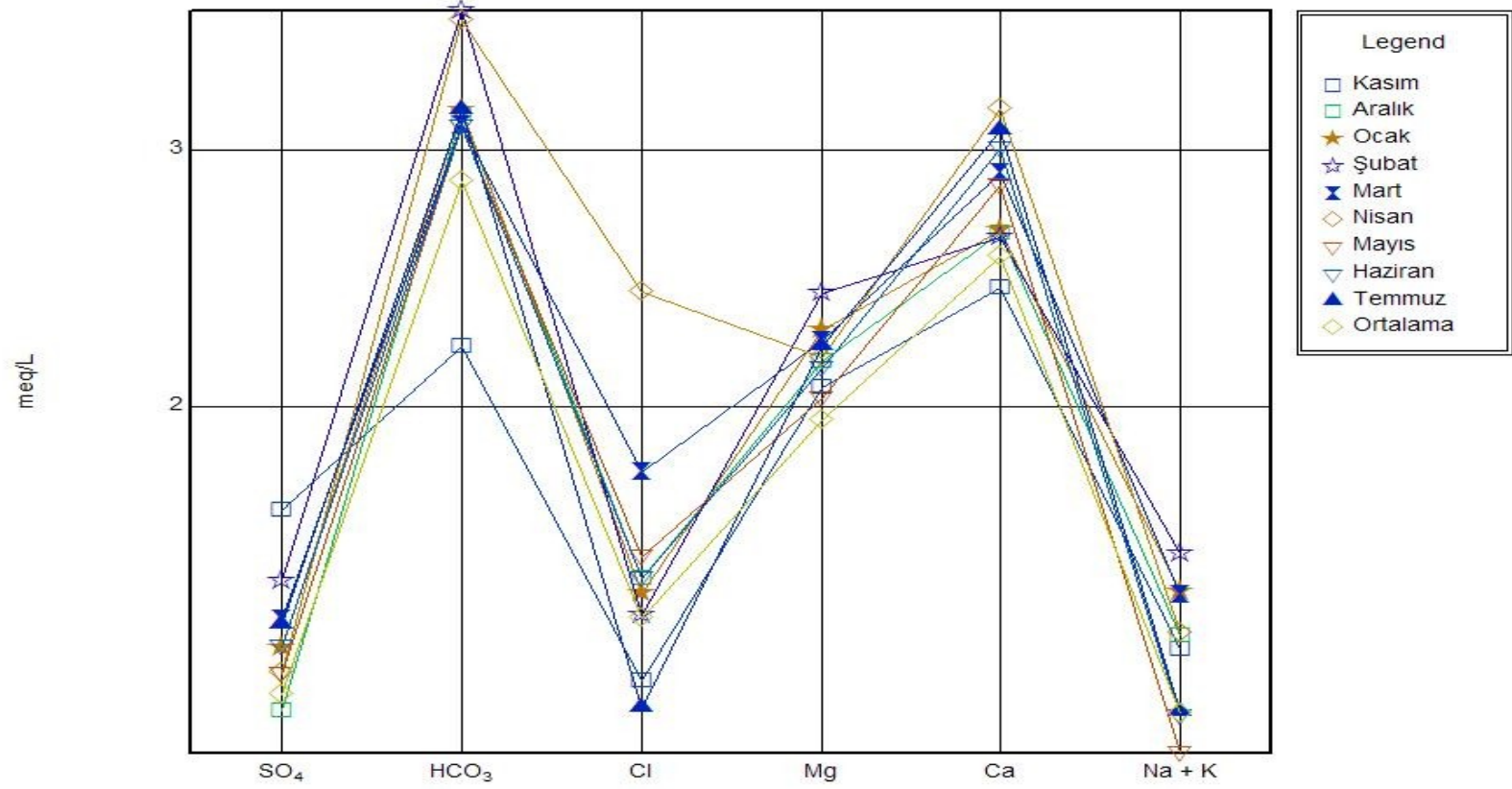




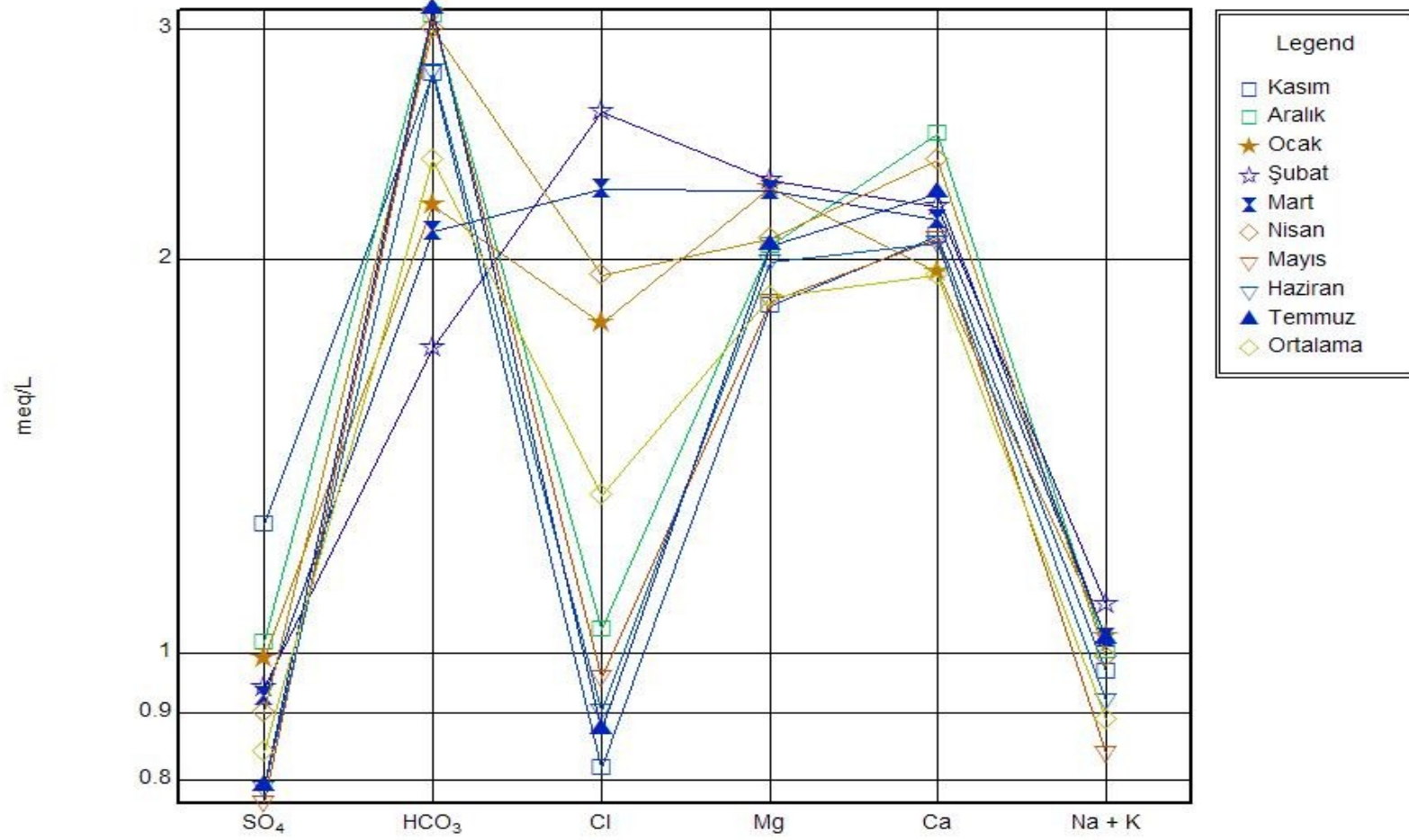
**EK-50.** 06 İmam Bakır örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



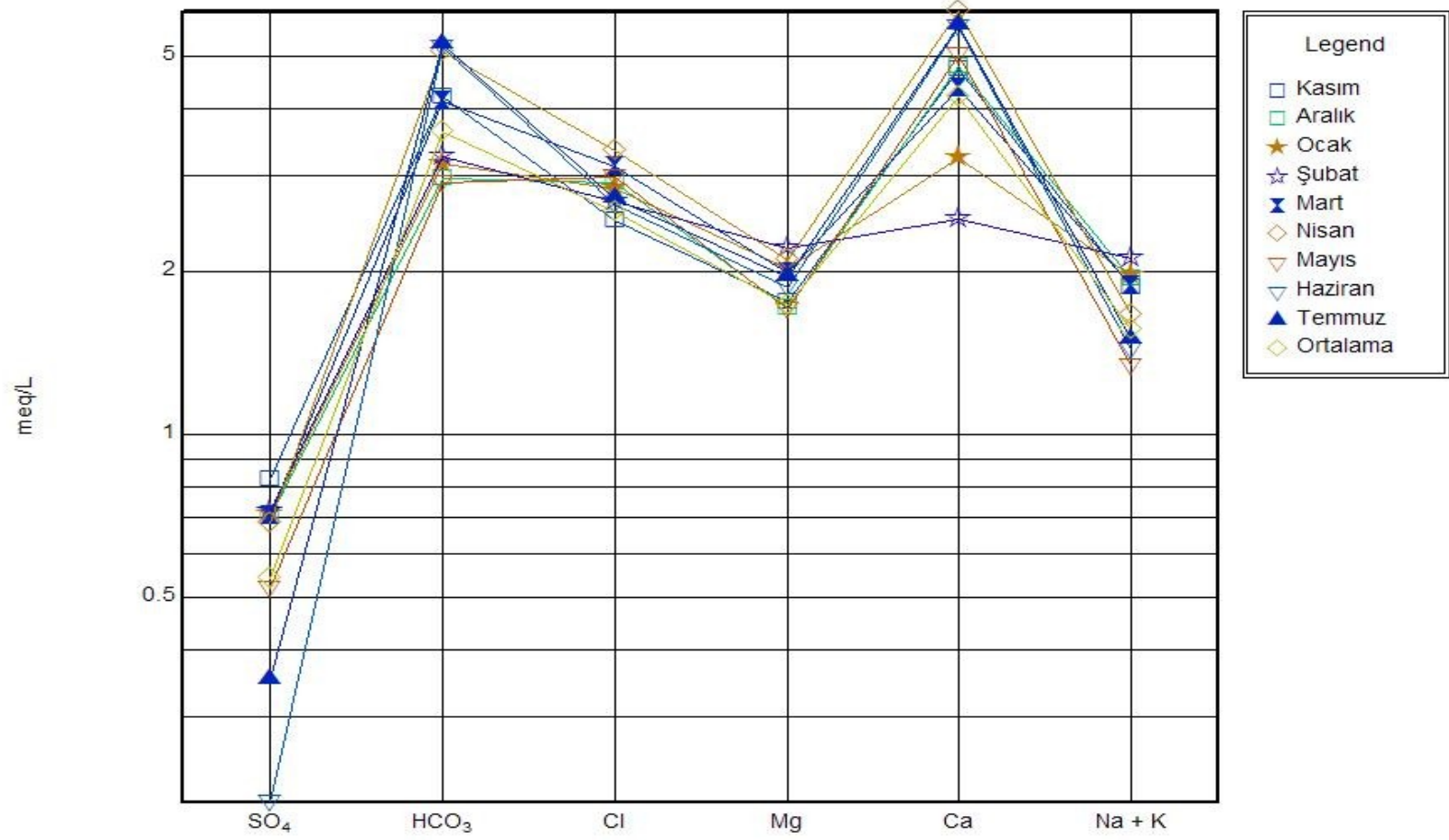
**EK-51. 07** Bellitaş örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



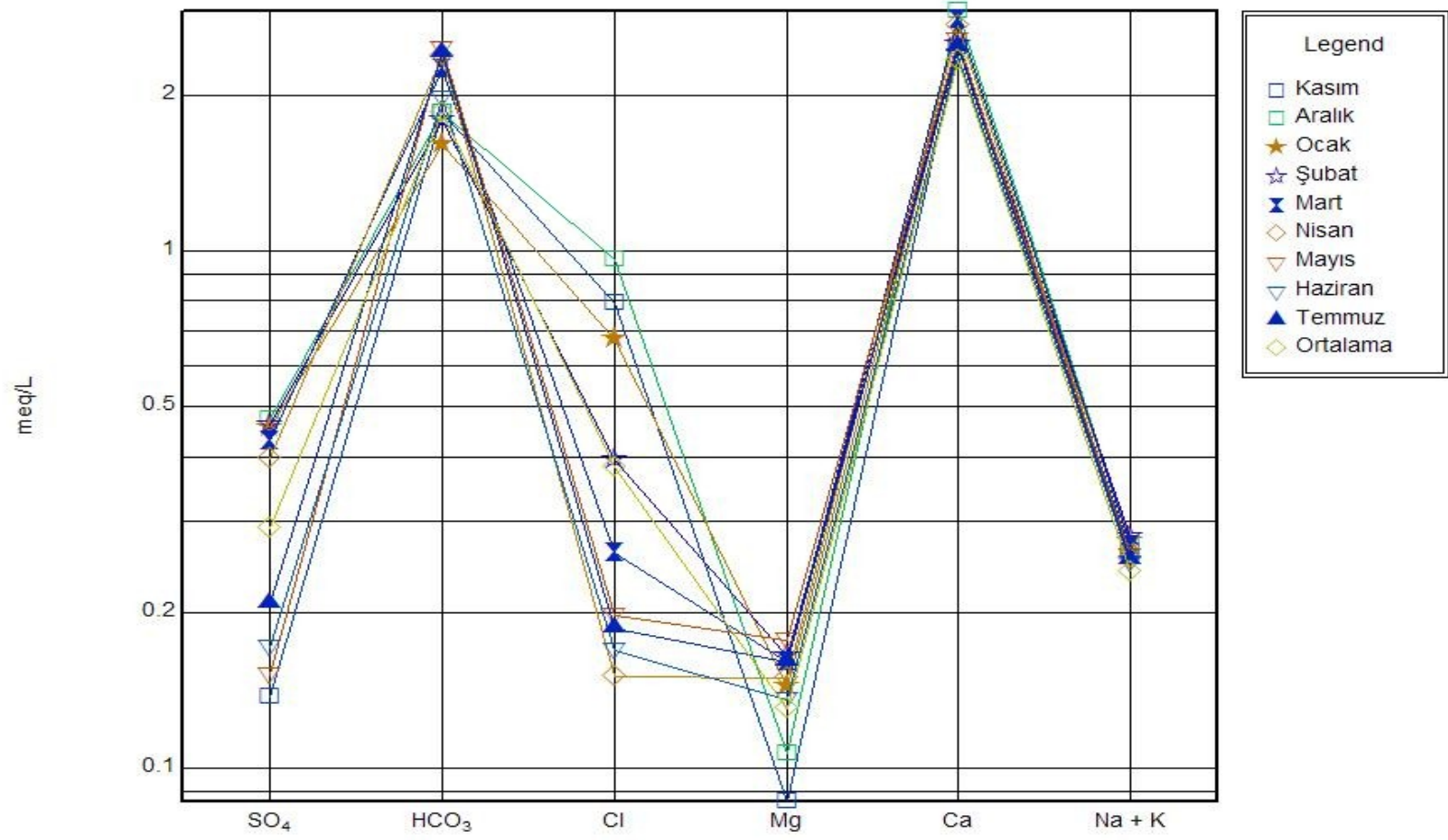
**EK-52.** 08 YİBO örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



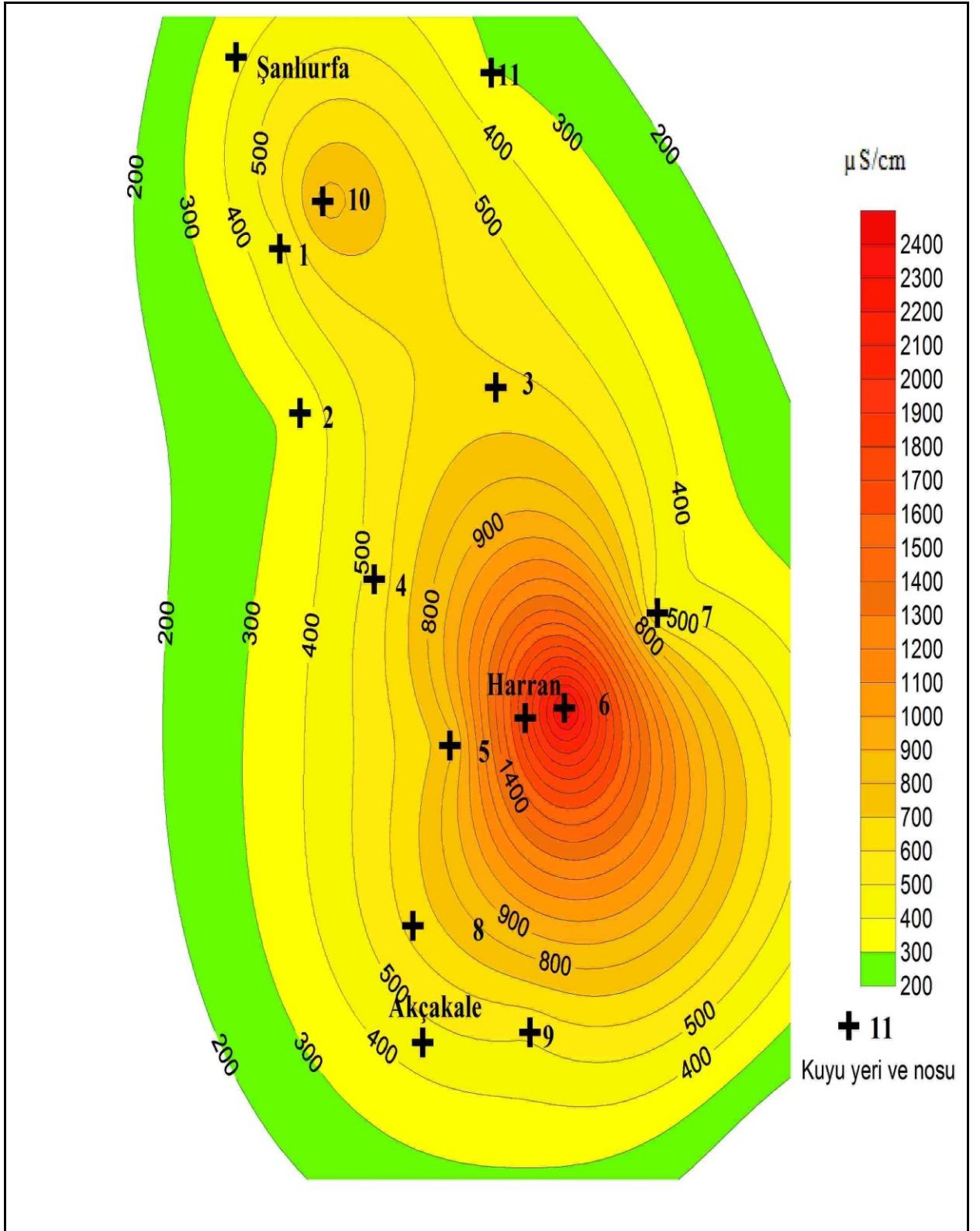
**EK-53.** 09 Altuntepe örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



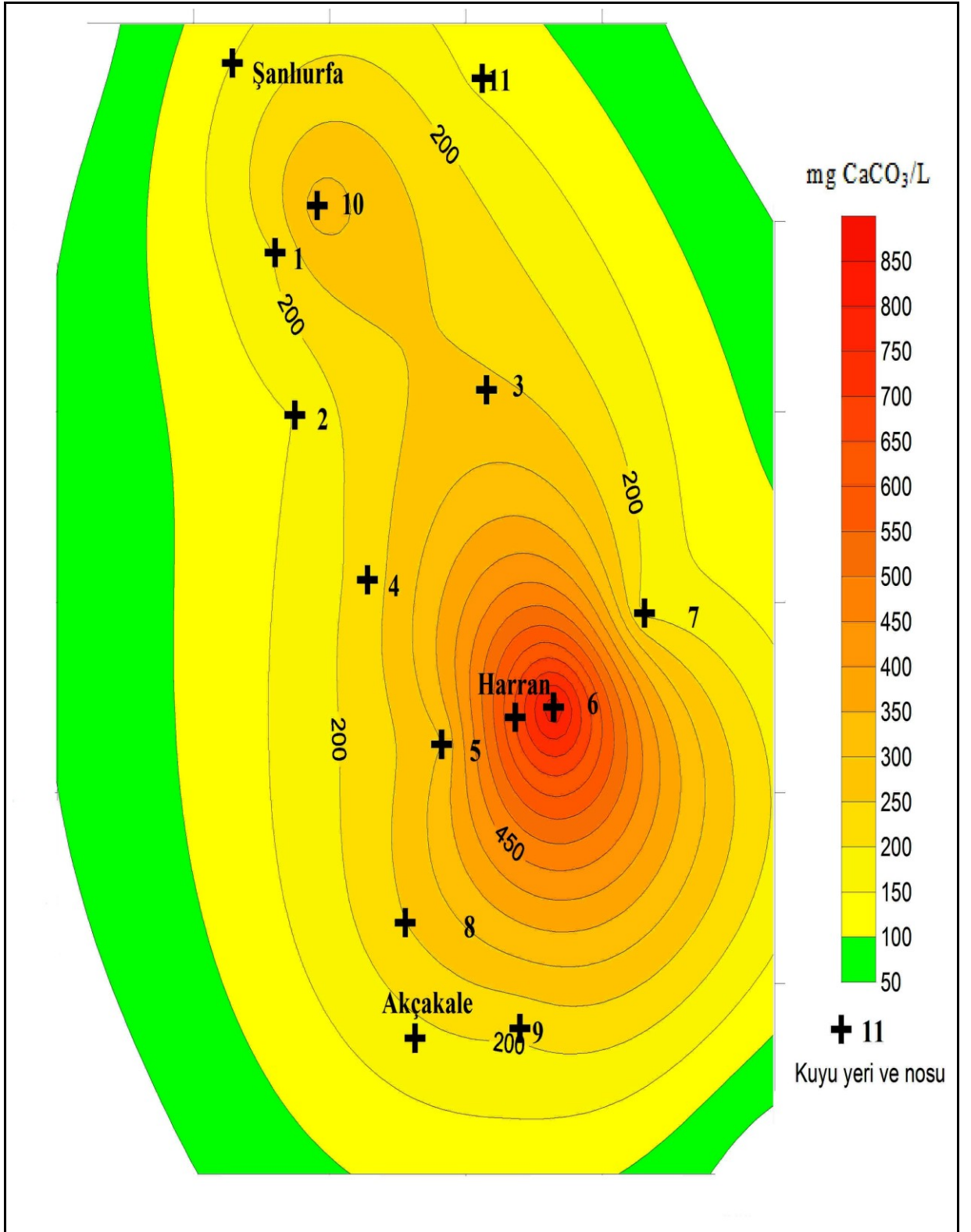
EK-54. 10 Çiçekli örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi



EK-55. 11 Osmanbey örnekleme noktasının Schoeller yarı logaritmik diyagramına göre aylık değişimi

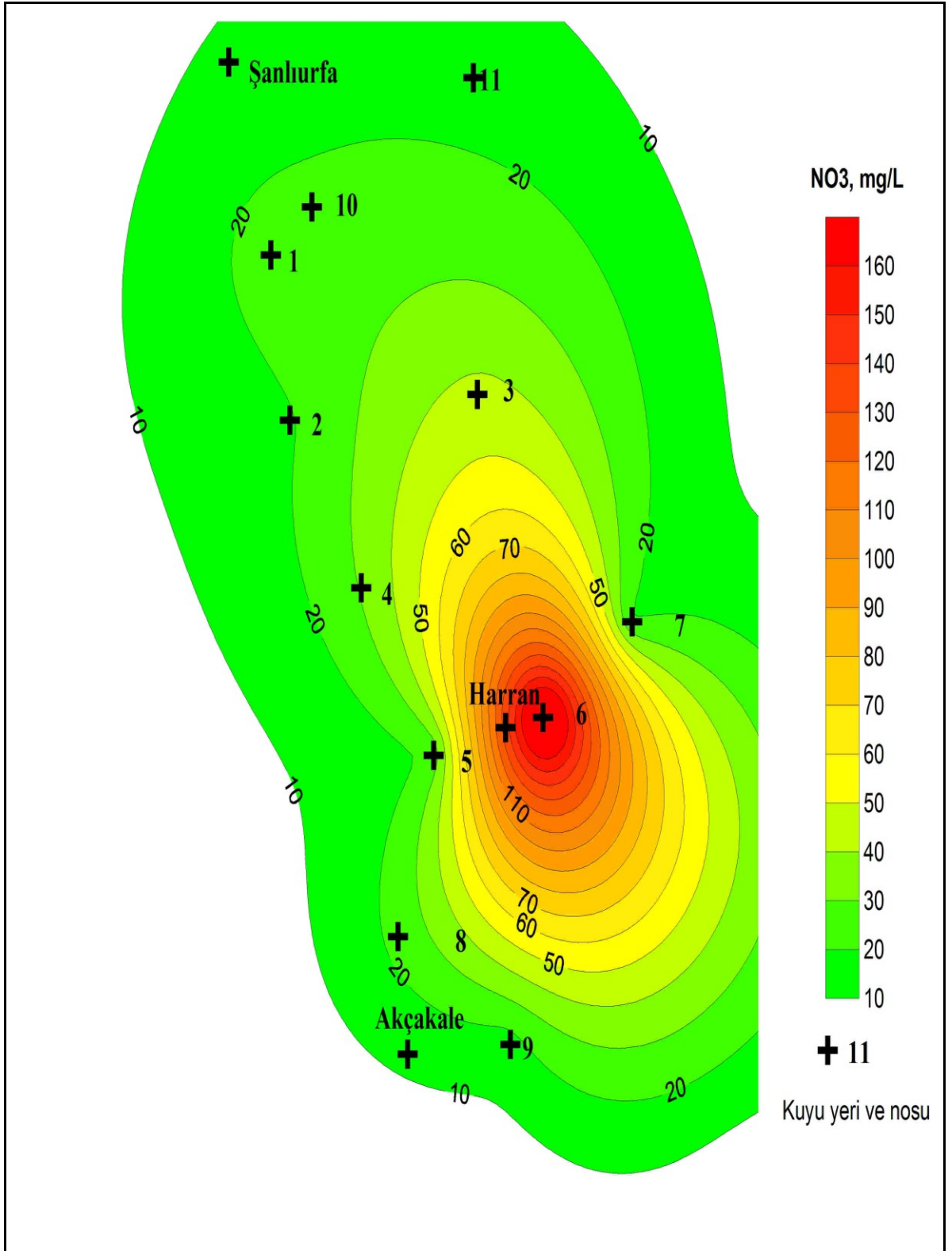


**EK-56.** EC parametresinin alansal değişimini gösteren harita



**EK-57.** Toplam Sertlik değerlerinin alansal değişimini gösteren harita





EK-58. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonunun alansal değişimini gösteren harita