

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KENTSEL YEŞİL ALANLARIN SU KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ferhat YELKENCİ**

**NİSAN 2023**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

## ÖNSÖZ

“Kentsel Yeşil Alanların Su Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması” adlı bu çalışma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bana bu konuda çalışma fırsatı tanıyan, çalışmalarım sırasında yol gösteren ve katkılarıyla çalışmaya yön veren, tezin olgunlaşmasında büyük katkı sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Sezgin HACISALİHOĞLU’na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın tüm aşamalarında görüş ve fikirlerini benden esirgemeyen ve eleştirileriyle tezin oluşumuna katkı sağlayan Sayın Eğitici Öğretmeni Orman Yüksek Mühendisi/Sosyolog Dr. Uğur KEZİK’e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın her aşamasında manevi desteklerini üzerimde hissettiğim, çok değerli fikirleri ile bu tezde ilerlememde emekleri bulunan meslektaşım Dr. Yetkin USTA’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim ve araştırma dönemi içerisinde desteklerini esirgemeyen kurumum Mesudiye Orman İşletme Müdürlüğü’ne ve Orman Yüksek Mühendisi Aysen KALENDER’e teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma süreci içerisinde gerekli envanter ve laboratuvar desteklerinden ötürü Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi’ne teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma sürecinde göstermiş oldukları sabır ve her türlü destekleri için aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılığına faydalı olmasını temenni ederim.

Ferhat YELKENCİ

Trabzon, 2023

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kentsel Yeşil Alanların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Sezgin HACISALİHOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 03/04/2023

Ferhat YELKENCİ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	IX
SUMMARY .....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Su Kalitesi .....	3
1.3. Kentsel Yeşil Alanların Ekolojik İşlevleri .....	4
1.3.1. Oksijen Üretimi: .....	4
1.3.2. Kirli Havanın Filtre Edilmesi ve Temiz Hava Temini: .....	5
1.3.3. Serinlik ve Sıcaklık Etkisi: .....	5
1.3.4. Nispi Hava Nemi Üzerine Etkisi: .....	5
1.3.5. Atmosferdeki Karbonun Tutulması ve Sera Etkisinin Azaltılması: .....	6
1.3.6. Erozyonu Önleme ve Su Dengesini Sağlama: .....	6
1.3.8. Gürültünün Azaltılması: .....	7
1.4. Kentsel Yeşil Alanların Ekonomik İşlevleri.....	7
1.4.1. Enerji Tasarrufu Sağlama: .....	7
1.4.2. Turizm ve İş İmkânı Sağlama:.....	8
1.4.3. Hedonik (Mülk) Değeri: .....	8
1.5. Kentsel Yeşil Alanların Sosyal İşlevleri.....	8

1.5.1.	Eğitim ve Kültürel Faaliyetlere İmkân Sağlama: .....	8
1.5.2.	Suç Oranını Azaltma: .....	9
1.5.3.	Rekreasyonel Faaliyetlere İmkân Sağlama: .....	9
1.5.4.	Toplumsal Gelişmeye Katkıda Bulunma: .....	9
1.5.5.	Kamu Sağlığı Koruma: .....	10
1.6.	Kentsel Yeşil Alanlar ve Su Kalitesi İlişkisi .....	10
1.6.1.	pH (Asidity).....	10
1.6.2.	Elektriksel İletkenlik (EC).....	12
1.6.3.	Toplam znmş Katı Madde (TDS) .....	13
1.6.4.	Fosfor (P).....	14
1.6.5.	Amonyum (NH <sub>4</sub> ) .....	16
1.6.6.	Klor (Cl) .....	17
1.6.7.	Demir (Fe) .....	18
1.6.8.	Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	19
1.6.9.	Sülfat (SO <sub>4</sub> ) .....	21
1.6.10.	Kalsiyum (Ca) .....	22
1.6.11.	Magnezyum (Mg).....	23
1.6.12.	Potasyum (K).....	25
2.	YAPILAN ALIşMALAR.....	27
2.1.	Materyal.....	27
2.1.1.	Arazi Alanının Tanıtımı ve Yetişme Ortamı zellikleri .....	27
2.2.	Yöntem .....	29
2.2.1.	Yaklaşım Tarzı .....	29
2.2.2.	Arazi alışması .....	29
2.2.3.	Laboratuvar alışması.....	33
2.2.4.	Ölçülen Parametrelerinin Değerlendirilmesi .....	34
3.	BULGULAR .....	35

3.1. Ölçülen Su Kalite Parametrelerinin Aylık Değişimi .....	35
3.1.1. pH .....	36
3.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC).....	37
3.1.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) .....	38
3.1.4. Fosfat (PO <sub>4</sub> ) .....	39
3.1.5. Amonyum (NH <sub>4</sub> ).....	40
3.1.6. Klor (Cl) .....	41
3.1.7. Demir (Fe) .....	42
3.1.8. Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	43
3.1.9. Sülfat (SO <sub>4</sub> ).....	44
3.1.10. Kalsiyum (Ca) .....	45
3.1.11. Magnezyum (Mg).....	46
3.1.12. Potasyum (K).....	47
3.1.13. Sodyum (Na) .....	48
3.2. Ölçülen Su Kalite Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi.....	49
3.2.1. pH .....	49
3.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC).....	50
3.2.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) .....	51
3.2.4. Fosfat (PO <sub>4</sub> ) .....	52
3.2.5. Amonyum (NH <sub>4</sub> ).....	53
3.2.6. Klor (Cl) .....	54
3.2.7. Demir (Fe) .....	55
3.2.8. Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	56
3.2.9. Sülfat (SO <sub>4</sub> ).....	57
3.2.10. Kalsiyum (Ca) .....	58
3.2.11. Magnezyum (Mg).....	59
3.2.12. Potasyum (K).....	60

3.2.13. Sodyum (Na) .....	61
3.3. Ağaç Türünün Gelen Yağışın Kalitatif Özellikleri Üzerine Potansiyel Etkileri ....	62
3.3.1. Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	63
3.3.2. Klor (Cl) .....	63
3.3.3. Sülfat ( SO <sub>4</sub> ).....	64
3.3.4. Fosfat (PO <sub>4</sub> ) .....	65
3.3.5. Kalsiyum (Ca) .....	66
3.3.6. Magnezyum (Mg).....	66
3.3.7. Potasyum (P) .....	67
3.3.8. Demir (Fe) .....	68
3.3.9. Sodyum (Na) .....	68
3.3.10. Amonyum (NH <sub>4</sub> ).....	69
3.3.11. pH .....	70
3.3.12. Elektriksel İletkenlik (EC).....	71
3.3.13. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) .....	71
4. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	73
4.1. Verilerin Hassas Yöntemler ile İncelenmesi .....	73
4.3. Genel Değerlendirme.....	75
5. ÖNERİLER .....	78
6. KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	

**ÖZET**

**KENTSEL YEŞİL ALANLARIN SU KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI  
Ferhat YELKENCİ**

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Sezgin HACISALİHOĞLU  
2023, 89 Sayfa

Bu çalışma, kentsel yeşil alanların su kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bir bitki örtüsü, mevcut yağışlar sonrası yüzeysel akışı ve su kalitesi parametrelerini etkilemektedir. Kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün yağış sularında hangi kalite parametrelerini ne yönde etkilediğini araştırmak önem arz etmektedir. Bu sebeple havza ve kentsel yeşil alan içerisindeki su kalitesi değerlerini bilmek gelecekte yaşanabilecek su sorunlarını ön görebilmek, su kalitesini arttırabilmek ve su kaynaklarının sürekliliğini sağlayabilmek için önemli bir yere sahiptir.

Araştırma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni yerleşkesindeki iki farklı alanda yürütülmüştür. Her biri 100 m<sup>2</sup> olan çalışma alanlarının birincisinde fıstık çamı (*Pinus Pinea L.*) ve diğerinde ise adi porsuk (*Taxus Baccata L.*) hakim vejetasyondur. Çalışmada; açık alana düşen yağmur suları, vejetastona çarpıp düşen yağmur suları ve infiltre olan yağmur suları toplanmıştır. Toplanan yağmur suları aylık olarak bazı su kalitesi parametreleri (pH, askıda katı madde miktarı, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde miktarı, amonyum, nitrat, sülfat, kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, demir, klor) laboratuvar ortamında analiz edilmiş ve 12 ay boyunca kayıt altına alınmıştır.

Yıllık ortalama açık alana düşen yağışın pH değeri 6,2 olarak hesaplanmıştır. Bu değer bize yıl bazında yağın düşen yağışın asidik karakterde olduğunu göstermektedir. Çalışma yapılan arazinin yapısının tam anlamıyla doğal olmaması, dolgulu bir arazi üzerinde yapılması ve arazinin çok yakınında yerleşke bulunması elemental yapılan ölçümlerde etkili olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Su Kalitesi, pH, Ekoloji, Sosyoloji

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF URBAN GREEN AREAS ON WATER QUALITY

Ferhat YELKENCİ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Engineering Programme  
Supervisor: Prof. Dr. Sezgin HACISALIHOĞLU  
2023, 89 Pages

This study was conducted in order to determine the effects of urban green areas on water quality. A vegetation cover affects the surface flow and water quality parameters after the current rainfall. It is important to investigate in which direction the vegetation cover in urban green areas affects the quality parameters in precipitation waters. For this reason, knowing the water quality values in the watershed and urban green space has an important place in order to prevent future water problems, improve water quality and ensure the continuity of water resources.

The research was conducted in two different areas at the Karadeniz Technical University Kanuni campus. In the first of the study areas, each of which is 100 m<sup>2</sup>, peanut pine (*Pinus Pinea L.*) and in the other, the common yew (*Taxus Baccata L.*) the dominant is vegetation. In the study; rainwater falling into the open area, rainwater hitting the vegetation and rainwater infiltrating were collected. Some water quality parameters (pH, amount of suspended solids, electrical conductivity, total amount of dissolved solids, ammonium, nitrate, sulfate, calcium, phosphorus, magnesium, potassium, iron, chlorine) were analyzed monthly in the laboratory environment and recorded for 12 months.

The pH value of the average annual precipitation falling on the open area was calculated as 6.2. This value shows us that the precipitation falling on a yearly basis is acidic in character. The fact that the structure of the land where the study was carried out was not completely natural, that it was carried out on a filled-in land and that there was a campus very close to the land was effective in the elemental measurements.

**Keywords:** Water Quality, pH, Ecology, Sociology

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Çalışma alanını oluşturan KTÜ Kanuni kampüsü bünyesindeki kentsel yeşil alanlar ve deneme alanları .....	27
Şekil 2. Walter'e (1975) göre Trabzon ili iklim diyagramı .....	28
Şekil 3. Açık alana kurulan (kontrol) su toplama düzeneği .....	30
Şekil 4. Adi porsuk deneme alanı meşçere altı akış toplama düzeneği .....	31
Şekil 5. Adi porsuk deneme alanı yüzey altı akış toplama düzeneği .....	31
Şekil 6. Fıstık çamı deneme alanı meşçere altı akış toplama düzeneği .....	32
Şekil 7. Fıstık çamı deneme alanı yüzey altı akış toplama düzeneği .....	32
Şekil 8. Ölçümlerin gerçekleştirildiği: PortablecolorimeterpHotoFlex® STD cihazı .....	33
Şekil 9. pH miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	37
Şekil 10. EC miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	38
Şekil 11. TDS miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	39
Şekil 12. Fosfat miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	40
Şekil 13. Amonyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	41
Şekil 14. Klor miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	42
Şekil 15. Demir miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	43
Şekil 16. Nitrat miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	44
Şekil 17. Sülfat miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	45
Şekil 18. Kalsiyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	46
Şekil 19. Magnezyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	47
Şekil 20. Potasyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	48
Şekil 21. Sodyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi .....	49
Şekil 22. pH miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	50
Şekil 23. EC miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	51
Şekil 24. TDS miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	52
Şekil 25. Fosfat miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	53
Şekil 26. Amonyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	54
Şekil 27. Klor miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	55

Şekil 28. Demir miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	56
Şekil 29. Nitrat miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	57
Şekil 30. Sülfat miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	58
Şekil 31. Kalsiyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	59
Şekil 32. Magnezyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi.....	60
Şekil 33. Potasyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi.....	61
Şekil 34. Sodyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi .....	62
Şekil 35. Nitrat'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	63
Şekil 36. Klor'ün ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	64
Şekil 37. Sülfat'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	65
Şekil 38. Fosfat'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi .....	65
Şekil 39. Kalsiyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	66
Şekil 40. Magnezyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi .....	67
Şekil 41. Potasyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi .....	67
Şekil 42. Demir'in ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	68
Şekil 43. Sodyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	69
Şekil 44. Amonyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi .....	70
Şekil 45. Ph'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	70
Şekil 46. EC'nin ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi .....	71
Şekil 47. TDS'nin ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi.....	72
Şekil 48. Çalışmada spektrofotometre ile ölçülen ve farklı yöntemlerle tahmin edilen değerler (n=60, ortalama $\pm$ standart hata, P değerleri Tablo 2'de verilmiştir). ...	73

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Tüm noktalarda 12 ay boyunca ölçülen su kalitesi parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri .....	36
Tablo 2. Ölçülen ve TDS verileri kullanılarak denklemlerle tahmin edilen değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılması ve korelasyon ilişkileri .....	74



## SEMBOLLER DİZİNİ

m	:Metre
m <sup>2</sup>	:Metrekare
m <sup>3</sup>	:Metreküp
m <sup>3</sup> /yıl	:Metreküp/yıl
mg/lt	:Miligram/Litre
mm	:Milimetre
km <sup>3</sup>	:Kilometreküp
%	:Yüzde Sembolü
vb.	:Ve benzeri
µmhos/cm	:Mikromhos/santimetre
µS/cm	:Mikrosiem/santimetre
TDS	:Toplam çözünmüş katı madde
P	:Fosfor
NH <sub>4</sub>	:Amonyum
Cl	:Klor
Fe	:Demir
NO <sub>3</sub>	:Nitrat
SO <sub>4</sub>	:Sülfat
Ca	:Kalsiyum
Mg	:Magnezyum
K	:Potasyum
TSE	:Türk Standartları Enstitüsü
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
EC	:Elektriksel iletkenlik
°C	:Santigrat Derece
Na	:Sodyum
Std.Sapma	:Standart Sapma
N	:Veri Sayısı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Dünya üzerinde artan nüfus miktarının sınırlı doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırdığı bilinmektedir. Bu baskıların tarımsal faaliyetler, sanayileşme gibi çeşitli sektörlerin özellikle su kalitesi ve miktarını etkilediği görülmektedir. Yaşamın temelini oluşturan su, canlılar için vazgeçilemez ihtiyaçtır. Nitekim canlılar, suyu sadece içme suyu olarak kullanmazlar. Yetişkin bir insan ortalama günde 2,5 litre su tüketir. Buna temizlik yapmak, yemek pişirmek gibi faktörler de eklenirse toplumların su tüketim miktarlarının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Dünya yüzeyinin yaklaşık %70'i suyla kaplı olmasına rağmen, bu suların %97,5'lik kısmı okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunur (Dede ve Sezer, 2017).

Türkiye'de kişi başına günlük içme ve kullanma suyu tüketimi 2020 yılı TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre ortalama 228 litredir. Son yüzyıl içerisinde dünya nüfusunun 3 katı oranında arttığı görülmüştür. Bu oran doğrusal orantıda tatlı su kaynaklarını etkileyecektir. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda sanayi kuruluşlarının ihtiyaç duydukları kaynaklar değişmiştir. Günümüzde hidroelektrik santrallerinin sayısının artması, ormanlar üzerindeki biyotik ve abiyotik baskılar kullanılabilir tatlı su miktarını ve su kalitesini elbette ki etkilemektedir.

Değişen dünyamızda değişimi kaçınılmaz olan bir iklim değişikliği olayı bulunmaktadır. Tatlı su kaynakları içerisindeki buzullar küresel ısınma sonucunda korkunç bir şekilde erimekte ve tuzlu su kaynaklarına karışmaktadır. Bunun sonucunda tuzlu su kaynaklarının miktarı artmakta kıtalar üzerinde su baskınlarına sebep olmaktadır.

Ormanlarımız dünya üzerindeki su döngüsünün temelini oluşturmaktadır. Diri ve ölü örtü bakımından bol miktarda zengin olan ormanlarımız, su üzerinde doğal filtre görevi görmektedir. Bu konuda yapılan pek çok araştırma göstermiştir ki, toprak yüzeyini kaplayan iyi bir ölü örtü tabakası hem toprak yüzeyinin struktürünü muhafaza etmesi, hem de bu ölü

örtü tabakasının çok yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle yüzeysel akışın azalmasına, buna karşılık infiltrasyon ile toprağa giren suyun miktarının artmasına sebep olmaktadır. İnfiltrasyon ile toprağa giren su yer altı kaynaklarımız ile birleşmektedir. Diri ve ölü örtüsü zayıf olan veya örtü bulundurmeyen arazilerde infiltrasyon miktarı çok düşüktür. Mevcut bitki örtüsü, yağışlardan sonra, bir yandan yüzey akışa geçen ve toprağa sızan suyun miktarını etkilerken diğer yandan da su kalitesi parametrelerini önemli derecede etkilemektedir. Toprağa giremeyen yağmur suları yüzeysel akış oluşturmaktadır. Arazi eğiminin yüksek olduğu arazi şartlarında yüzeysel akış hızlı gerçekleşir. Eğimi yüksek olan arazilerde toprak taşınması da yüksek olur. Bunun sonucunda sel ve taşkın sayılarında artışlar görülür. Ormanlarımızın su kontrolü üzerindeki görevi göz ardı edilemeyecek kadar yüksektir.

Dünya sürekli değişen, gelişen bir ekosistemdir. Bu değişimde suyun rolü büyüktür. Gerçekten, katı yer kabuğunu oluşturan kayaların önce fiziksel olarak parçalanması, sonra da bu parçaların kimyasal ayrışma ile verimli toprağa dönüşmesinde rol oynayan temel faktörlerden biri de sudur (Çepel ve Ergün ,2003). Aynı zamanda toplumların yerleşim yerlerini seçmelerinde su başta gelen faktördür. Kıtaların oluşumunda suyun akışı ve hidrolojik döngüsü etkili olmuştur. Akışta olan su aşındırma yapar. Aşınan toprak taşınır ve birikir. Bu olay erozyonu oluşturur. Erozyon sonucu taşınan ve biriken toprak verimli toprak olarak adlandırılan topraktır. Tarım için bu toprak çok değerli ve verimlidir. Tarım arazilerinde bilinçsiz ve kontrolsüz yapılan sulama yöntemleri yer altı su miktarının değişmesine sebep olmaktadır. Değişen yer altı sularının seviyesi sonrası karasal iklimin hâkim olduğu hafif bünyeli toprakların bulunduğu arazilerde obruk adı verilen çukurlar oluşur. Oluşan bu obruklar toprak kaybına sebebiyet vermektedir.

Kentsel yeşil alanlardaki bitki örtüsünün sularında hangi kalite parametrelerini ne yönde etkilediğini araştırmak önem arz etmektedir. Ayrıca havzalarda olduğu gibi kentsel yeşil alanlarda da su verimini korumak ve arttırmak, su kalitesini iyileştirmek, zaman itibariyle daha uygun bir su verimi sağlamak ve su kalitesini korumaya yönelik politikalar izlemek, su kaynaklarının sürekliliği için oldukça önemli bir yerer sahiptir. Türkiye akarsularının ekonomik olarak kullanılabilir kapasitesi olan 95 milyar m<sup>3</sup>/yıl'lık miktarın 48,1 milyar m<sup>3</sup>/yıl'lık bölümü orman alanlarından gelmektedir. Bu durumda Türkiye'de kullanılabilir yüzeysel su veriminin %50,53'ü orman alanlarının ürettiği sudur. Başka bir deyişle Türkiye'nin kullanılabilir yüzeysel akışının en az 1/2'si, ülkenin yaklaşık 1/4'ünü kaplayan orman alanlarından akarsulara ulaşmaktadır. Ormanlarımızın verimli su kaynağı

niteliğinde olmasına rağmen ülkemizin gelecekte su kıtlığı ile karşı karşıya kalması öngörülmektedir. Çok sayıda bileşenle ifade edilen “su kalitesi”, bir dizi fiziksel (örneğin asılı sediment), kimyasal (örneğin nitrat) ve biyolojik (örneğin basiller) öğelerin ya da göstergelerin bir fonksiyonudur. Bu öğe ya da göstergelerin birçoğu, tipik doğal koşullarda belli düzeylerde suda bulunurlar; fakat bu düzeyler gerek doğal olaylar, gerekse insan etkinlikleri nedeniyle önemli ölçüde değişebilmektedir. Bununla birlikte su sistemlerindeki biyolojik girdilerin başlıca kaynağını inorganik elementlerden fotosentez yoluyla organik maddelerin oluşturulması teşkil eder. Ayrıca, organik maddelerin parçalanarak inorganik bileşiklere dönüşmesi, ekosisteme insanlar ve hayvanlar tarafından dışarıdan getirilerek biriktirilen maddeler de su kalitesini önemli derecede etkilemektedir. Bazı bitkiler, özellikle baklagiller atmosferdeki serbest azotu bağlayarak toprağa azotun katılımını sağlarlar. Organik bileşikler ve mineral iyonları da içeren çözülmüş maddelerin ekosisteme katılımları yağışlar, toz ve diğer aerosoller yardımıyla olur. Diğer taraftan, ekseriya yağışlar esnasında veya yağışlar arasında toz ve kuru serpinti şeklinde atmosferden bir hayli miktarda azot, kükürt ve diğer elementler de ekosisteme dâhil olmaktadır. Ancak doğal ekosistemlerde çözülmüş kimyasal bileşiklerin yüzeysel akışa katılımlarında en büyük pay topraktan gelmektedir. Dâhil oldukları bu karasal sistemde toprak içerisindeki hareketlerini yüzeysel, yüzey altı ve taban suyu akışları olmak üzere belli başlı üç değişik yolla gerçekleştirerek sistemi ancak bu yolla terk edebilirler.

## 1.2. Su Kalitesi

Bir suyun kalitesini; suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bakımından kullanım amacına uygunluğu ile ilgili durumu tanımlar. Su kalitesini belirlemek için bazı parametrelerin belirlenmesi gerekir. Yapılan bilimsel ölçümler sonucunda bir suyun kalitesinin iyi veya kötü olduğunu söylemek kolay değildir. Suyun kullanım amacı su kalitesinin ne derece iyi olduğu konusunda önemli bir yere sahiptir. Dünyada orman ekosistemlerine düşen yağışın büyük bir kısmı havzalara ve ormanın bulunduğu yerdeki iklim özellikleri, topoğrafik yapı, bitki örtüsü, toprak ve arazi kullanım tiplerine göre değişiklik göstermektedir. Ormana düşen yağış suyunun ortalama olarak; %15’i yağış anında orman örtüsü ve toprak yüzeyinde tutularak tekrar buharlaşmaktadır. %30’luk kısmının toprak içindeki seyri esnasında bitki kökleri tarafından emilerek tekrar yaprakları

ile buharlaşmakta, geri kalan %55'inin ise bir kısmı toprak içinden hareketle toprak suyunu ve yer altı sularını, yüzeysel akışla da yerüstü su kaynaklarını beslemektedir. Bununla birlikte bu su döngüsünün varlığı kadar suyun kalitesi de büyük öneme sahiptir (Tuncer ve Kaya, 2010).

Su kalitesini kentsel ekosistemlerde veya orman ekosistemlerinde etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Bu etmenlerin başında da toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri gelmektedir. Bir toprağın türü, toprağın geçirgenliği, toprağın gözenek durumu gibi faktörler yağış sularının yüzeysel akış oluşturmalarını veya sızıntı şeklinde toprağa girmesini önemli ölçüde etkileyen faktörlerdendir. Bir diğer önemli faktör de arazi kullanımıdır. Yapılan birçok araştırma tarım ve kentsel alanlarda su kalitesinin negatif yönde etkilendiği, orman ekosistemlerinde ise pozitif yönde etkilendiği ortaya konulmuştur. Kentsel ve tarım alanları önemli su kirleticileri arasında yer almaktadır. Bu alanlarda kullanılan kimyasal atıklar, deterjanlar, gübreler ve hayvan pislikleri yüzeysel akışla birlikte taşınmakta ve besin maddesi konsantrasyonlarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Dünyada kentsel yeşil alanlar kent içerisinde kent halkının aktif olarak boş zamanlarını değerlendirmeye yönelik rahatlama, dinlenme ve vakit geçirmek adına kullandığı yeşil alanlardır. Kentsel yeşil alanlar insan gereksinimleri, nüfus yoğunluğu, kentlerin karakteristik özellikleri ve kullanıcı yoğunluğu kriter olarak belirlenerek düzenlenmektedir (Şahin ve Barış, 1998). Bu da kentsel yeşil alanların sosyal işlevinin göstergesi olmaktadır.

### **1.3. Kentsel Yeşil Alanların Ekolojik İşlevleri**

#### **1.3.1. Oksijen Üretimi:**

Oksijen üretimi, ağaçların ürettiği birçok çevresel faydadan biridir ve kentsel ağaçlar önemli miktarda oksijen üretebilir. Büyüyen bir orman karbondioksiti giderecek ve oksijen üretecektir. Tersine, çürüyen veya azalan bir orman, karbondioksit açığa çıkaracak ve ayrışma süreçleri ile oksijen tüketicektir (Nowak ve Crane, 2002). Fosil yakıt yanması ayrıca oksijeni tüketir ve fosil yakıt kullanımı sonucunda atmosferin oksijen içeriği yavaşça azalır (Broecker, 1996). Böylece kentsel ormanların yönetiminde fosil yakıt kullanımını azaltmak sadece karbon dioksit emisyonunu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda oksijen

tüketimini de azaltır (Nowak vd., 2002). Farklı değişkenler farklı sonuçlar ortaya çıkarmasına karşın bir insan, saatte ortalama 25 litre oksijen tüketmektedir (HSW, 2016).

### **1.3.2. Kirli Havanın Filtre Edilmesi ve Temiz Hava Temini:**

Hava kirliliği, kentsel ortamların yaygın bir problemidir ve hava kalitesi, bitki örtüsünün mevcudiyeti ile teşvik edilebilir (Bolund ve Hunhammar, 1999). Ağaçlar havadaki parçacıkları yakalayıp kirliliği ortadan kaldırır ve temiz hava sağlamaya yardımcı olur (Nowak vd., 2006). Bazı parçacıklar ağaç içine girebilir, ancak yakalanan parçacıkların çoğu bitki yüzeyinde tutulur. Yakalanan parçacık genellikle atmosferde yeniden süspansiyon haline getirilir, yağmurla yıkanır veya yaprak ve dal ile yere düşer. Fransa'da yapılan bir araştırmaya göre, ağaçlı bir alanda 1 m<sup>3</sup> havada ortalama 3910 bakteri varken, hemen yanındaki bir parkta bu miktarın 455'e düştüğü saptanmıştır (Atay, 1988).

### **1.3.3. Serinlik ve Sıcaklık Etkisi:**

Ağaçlar genellikle yazları daha serin, kışları ise daha ılıman bir ortam sağlar. Ayrıca dağınık ağaç gövdeli alanlarda, radyasyon toprak yüzeylerine ulaşabilir ve ısıtabilir böylelikle daha soğuk havanın bölgeye ulaşması engellenir. Ağaçlar nedeniyle azalan hava sıcaklığı, hava kalitesini artırabilir çünkü birçok kirlenici ve/veya ozon oluşturan kimyasalların emisyonu sıcaklığa bağlıdır. Azalmış hava sıcaklığı da ozon oluşumunu azaltabilir (Nowak vd, 2006).

### **1.3.4. Nispi Hava Nemi Üzerine Etkisi:**

Ağaçlar gölgeleme etkisi nedeni ile doğal klima görevi görmektedir. Bu etki yaprak miktarı yoğunluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu sayede kentsel yeşil alanlar, kentlerin yazları serin, kışları ise daha ılıman bir ortam sunmasına katkıda bulunur. Kentsel yeşil alanlar sahip olduğu bitki örtüsü sayesinde güneş ışınlarının direkt yeryüzüne ulaşmasını engeller, rüzgârın hızını keser ve evaporasyon ile su kaybını azaltır. Bu sayede

bitkiler transpirasyon ile su açığa çıkartırlar. Dolayısıyla bu olayların havanın nispi nemi üzerinde etkileri söz konusudur (Federer, 1989).

### **1.3.5. Atmosferdeki Karbonun Tutulması ve Sera Etkisinin Azaltılması:**

Güneşten gelen ışınlar atmosferden filtrelenerek geçer, yer küreyi ısıtır ve ısı kaybının atmosfer tarafından engellenmesiyle ortaya çıkan etki sera etkisi olarak adlandırılır. Sera etkisi yapan gazlar yağmurlarla asit oluşturup asit yağmurları şeklinde yeryüzüne dönerler ve hava kalitesini düşürücü etki yaparlar. Ağaçlar, gölgeleme etkisi yapmaktadır ve bu etki daha az fosil yakıt kullanılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle ağaçlar sera etkisiyle mücadelede en etkili yöntemdir (Barış vd., 2004). Karbon tutumu ise yüksek ağaç yoğunluğuna sahip olan vejetasyonlarda en fazladır. Yapılan bir araştırmaya göre, çimenlik karbon stoku diğer bitki örtüsü tiplerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte çimenler kentsel parklarda çok yaygındır ve kentsel ekosistemlerin önemli bir kısmını temsil etmektedir. Bundan dolayı karbon stokları kentsel alanlardaki karbon dengesiyle yakından ilişkilidir (Nowak ve Crane., 2002).

### **1.3.6. Erozyonu Önleme ve Su Dengesini Sağlama:**

Bitki örtüsü toprağın üst kısmını örtmek suretiyle toprak ve suyun korunmasını sağlar, toprak verimliliğini artırır, toprak yüzeyine inişi yavaşlatır ve böylece yağışların toprağa işlenmesini kolaylaştırır. Ağaçlar yüzey akışını durdurur ve yüzeyden toprak taşınmasını başlatarak yüzey akışın düzenlenmesine yardım eder (Beattie vd., 2000). Ağaçlar, yüzeysel akış ve toprak altı su kirliliği için doğal filtre görevi görür. Bitki örtüsü ve toprak sayesinde sudaki kirletici maddeler uzaklaştırılır. Ayrıca yapraklardan, gövdeden ve köklerden gelen yağış suları besin maddesi bakımından da zenginleşir. Bitki örtüsü insan faaliyetlerinin yoğunluğundan dolayı ortaya çıkan fosfor ve potasyum besin elementlerinin yoğunluğunu absorbe eder. Aksi takdirde akarsu havzaları kirlenir (Sherer, 2006). Yağmur suyu miktarı da erozyon için önemli etkendir. Genel olarak topoğrafik yapı, ağaç türü, orman formu yağmur suyu miktarını etkileyen birincil faktörler olarak değerlendirilebilir. Yapılan bir çalışmaya göre, ibrelili ağaçların yapraklı ağaç türlerine göre daha fazla yağmur suyunu tuttuğu ortaya konulmuştur (McPherson, 2003).

### **1.3.7. Ekolojik Restorasyon ve Biyolojik Çeşitliliği Koruma:**

Yeşil alanlar, yaban hayatı için yaşam alanı sağlayarak, toprağı korumak ve biyolojik çeşitliliği arttırmak suretiyle ekolojik istikrarı teşvik eder. Kent kirliliğini arıtan yeşil alanlar, su için de doğal arıtma görevi görür. Ayrıca toprağın bitki besin maddelerince zengin olmasını sağlar ve sahip oldukları kök sistemleriyle toprak kaymalarını engelleyebilirler. Ölü ve diri örtü sayesinde yüzeyden gelen yağışın şiddetini azaltır, infiltrasyonu sağlar. Bunlarla birlikte yaban hayatı için de önemli alanlardır. Bu alanlar yaban habitatı için barınma ve yiyecek imkânı sağlar (Dwyer vd., 1992).

### **1.3.8. Gürültünün Azaltılması:**

Kent gürültüsü insanların işitme sağlığını olumsuz yönde etkilemekte, fizyolojik ve psikolojik dengesini bozmaktadır. Ağaçların gürültüyü önemli ölçüde azalttığı birçok araştırma tarafından ortaya konmuştur. Ağaçlarla oluşturulan geniş bantlar görünürdeki ses şiddetini %50 ve daha fazla azaltabilir. Bu sayede yol kenarlarındaki ağaç dikimine daha fazla önem verilmelidir (Dwyer vd., 1992). Yapılan dikimin 7-8 m genişlikte ağaç, ağaççık ve çalı formlarından oluşması gerekir. Özellikle, herdem yeşil, geniş ve sık yapraklı türler gürültünün absorpsiyonunda oldukça etkilidir. Ayrıca yapraklı ağaç türlerinin rüzgâr esintisiyle duyulan hisirtti insanlar için de dinlendirici olmaktadır (Fang ve Ling, 2003).

## **1.4. Kentsel Yeşil Alanların Ekonomik İşlevleri**

### **1.4.1. Enerji Tasarrufu Sağlama:**

Ağaçlar, yaz aylarında sıcaklıkları düşürüp binaları gölgeleyerek ve kış aylarında rüzgârı engelleyerek bina enerji kullanımını azaltır. Bununla birlikte, kışın binaları gölgeleyerek enerji kullanımını artırabilir ve yaz esintilerini engelleyerek enerji kullanımını artırabilir veya azaltabilir. Böylece, binaların yakınındaki uygun ağaç yerleştirme, maksimum bina enerji tasarrufu yararları elde etmek için kritik öneme sahiptir. Enerji kullanımını artarken, enerji santrallerinden kaynaklanan kirletici emisyonlar da azaltılır. Daha düşük kirletici emisyonları genellikle hava kalitesini artırırken, daha az nitrojen oksit

emisyonları, belirli koşullar altında ozon konsantrasyonlarında yerel bir artışa neden olabilir (Nowak, 2006).

#### **1.4.2. Turizm ve İş İmkânı Sağlama:**

Kentsel yeşil alanlar genellikle doğal güzellikler ve tarihi yapılar için insanlar tarafından tercih edilen olmazsa olmaz yerlerden birisidir. Ayrıca bu alanların bir diğer çekiciliği de insanlara doğayla iç içe olma ve rahatlama imkânı sunmasıdır. Yeşil alanlar sadece peyzaj güzellikleriyle değil, festival, sanat ve kültürel etkinlikleriyle de ev sahipliği yapması nedeniyle kent turizmini destekleyici bir rol oynar. Genellikle konaklamalı, ulaşım elverişli ve birçok imkânı sahip alanlar turistler için ilgi çekici olmuştur (Sherer, 2006).

#### **1.4.3. Hedonik (Mülk) Değeri:**

Kentsel mekânda yeşil alanların ya da doğal güzelliğe sahip alanlarda yer alan konutların vb. taşınmaz malların fiyatlarını etkilediği de birçok araştırma ile ortaya konulmuştur (Yılmaz vd., 2006).

### **1.5. Kentsel Yeşil Alanların Sosyal İşlevleri**

#### **1.5.1. Eğitim ve Kültürel Faaliyetlere İmkân Sağlama:**

Kaliteli yeşil alanların toplum gelişimini ve sosyal içermeyi teşvik etmesine yardımcı olduğuna inanılmaktadır (Swanwick vd., 2003). Yeşil alanlar, toplumda iletişimi artırır ve bireylerin daha sosyal olmalarına katkıda bulunur. Bu alanlarda halk için ücretsiz ve erişilebilir araçların bulunması kentsel yeşil alanlara olan ilgiyi arttırmaktadır. Yeşil alanlar her yaş grubundaki insan için ideal olan fiziksel, zihinsel, duygusal ve sosyal aktiviteleri sağlar (Hart, 1997). Bunların yanı sıra, birçok eğitim araştırmalarına ev sahipliği yapan yerlerdir. Bu alanlarda, bitkilerin büyüme süreçleri, doğa olayları ve hayvanlar arasındaki iletişimler rahatlıkla gözlemlenebilir. Ayrıca yeşil alanlarda konser, tiyatro, sergi gibi

faaliyetler ile eğlence merkezi haline gelmiştir. Halkın gazete, kitap, dergilerini okumak için sıklıkla tercih ettiği yerler arasında sayılabilir (Sommer, 1994).

### **1.5.2. Suç Oranını Azaltma:**

Rekreasyonel faaliyetler suç oranlarını düşürerek toplumsal gelişimi yükseltir. Yeşil alanlar şiddeti ve saldırganlığı engelleyerek toplum için güvenilir bir ortam sunar. İnsanların rahatlamasına yardımcı olur, sağlıklı düşüncelerini sağlar. A.B.D. Teksas'ta suç ve rekreasyona ilişkin yapılan bir çalışmada 1 mil çapında uygulanan gece yarısı basketbolu suç oranını % 28 düşürdüğü bulunmuştur (Bruch, 2006).

### **1.5.3. Rekreasyonel Faaliyetlere İmkân Sağlama:**

Yeşil alanlar insanların boş vakitlerini olumlu bir şekilde değerlendirdiği ve rahatladığı ortamlardır. Yeşil alanlar, halk için eğlence, dinlenme, sosyal ilişkileri geliştirme olanakları sağlamaktadır (Mcpherson, 2003). Kentsel yeşil alanlar eğlence, dinlenme, oyun ve spor faaliyetlerine olanak vermektedir. Bu alanların erişilebilirliği, ücretsiz olması bu bağlamda önemlidir (Levent ve Nijkamp, 2005).

### **1.5.4. Toplumsal Gelişmeye Katkıda Bulunma:**

Parklar, toplumsal ilişkilerin güçlendiği, dayanışmanın arttığı alanlar göze çarpmaktadır. Bu alanlarda insanlar birbirleriyle rahatlıkla iletişim kurabilir ve paylaşımda bulunabilirler. Farklı yaş gruplarından çocuklar, gençler, yaşlılar ve ailelerin tanışma, oyun oynama, sohbet etme vb. gibi farklı bulunduğu yerlerdir (Peterset vd., 2009). Ayrıca, toplumun tüm üyeleri yeşil alanları kullanarak kültürel açıdan gelişebilir, üyeler birbiriyle bilgi alışverişinde bulunabilirler (Bruch, 2006). Yapılan bir çalışmada yeşil alan yakınında veya çevresinde yaşayan bireylerin kent merkezinde yaşayan bireylere göre sosyal iletişimleri daha güçlü bulunmuştur (Sherer, 2006).

### 1.5.5. Kamu Sağlığı Koruma:

Yeşil alanlar insanlarda stresi azaltır ve sükûnet duygusunu artırır. Özellikle doğada mevsimsel değişime bağlı olarak ortaya çıkan güzellikleri en güzel şekilde sergileyen yeşil alanlar, insana mutluluk verici ve huzurlu hissettirici bir özelliğe sahiptir (Sanisa vd., 2006). Ayrıca yürüyüş ve bisiklet gibi aktif ulaşım araçları, fiziksel aktivite katmakta ve obeziteyi azaltmaktadır. Bununla birlikte hava kirliliğine neden olacak ve gürültü kirliliği oluşturacak araçların kullanılmaması da toplum sağlığı için önemlidir (Pikora vd., 2003, Wolch vd., 2014).

### 1.6. Kentsel Yeşil Alanlar ve Su Kalitesi İlişkisi

Kentsel yeşil alana çarpıp zemine gelen su ile toprağa sızan suyun yapısında pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, fosfor, amonyum, klor, demir, nitrat, sülfat, kalsiyum, magnezyum, potasyum gibi su kalitesini etkileyen bu parametreler, içme suyu ve sucul canlıların yaşamı üzerinde etkilidir.

#### 1.6.1. pH (Asidity)

pH, bir çözeltilinin asitliğinin ölçüsüdür. Suda, az sayıda su molekülü ( $H_2O$ ) parçalanır veya hidrojen iyonlarına ( $H^+$ ) ve hidroksit iyonlarına ( $OH^-$ ) ayrılır. pH, hidrojen iyonlarının konsantrasyonunu tanımlar. pH, 1 ile 14 arasında bir logaritmik skalada ölçülür. Logaritmik bir ölçek olduğu için, bir birim pH değerindeki bir değişim için asitlikte **on katlık** bir artış vardır, örneğin 5, pH ölçeğinde 7'den 100 kat daha asittir. 7 pH'lık bir seviye nötrdür. Hidrojen iyonlarının ( $H^+$ ) konsantrasyonunun hidroksit iyonlarından ( $OH^-$ ) daha yüksek olduğu çözeltiler için, çözeltili asidik olacaktır (pH; 0 ila 7 arasındaki bir seviyededir). Hidroksit iyonlarının  $H^+$ 'dan daha yüksek bir aktiviteye sahip olduğu çözeltiler için, çözeltili, bazik olacaktır (pH; 7 ila 14 arasındaki bir seviyededir). pH, suda yaşayan organizmaların içindeki birçok kimyasal reaksiyon çok dar ve spesifik bir pH aralığına bağlı olduğu için önemlidir. Çünkü pH değişiklikleri suda bulunan diğer maddelerin konsantrasyonlarını da değiştirebilir ve toksik etkisi yaratabilir (Pike vd., 2009). pH, orman ekosistemlerinin vejetasyonu için de önemli bir yere sahiptir. pH orman ekosistemlerinde organik madde

içeriğini etkilemektedir. Yani, bakteri faaliyetlerinin düşük olması, besin maddesi yönünden fakir olan topraklarda ve ayrışmanın yavaş olduğu yerlerde düşük pH dereceleri ortaya çıkmaktadır (Dündar, 1987). Bununla birlikte pH'ı etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Bunlar, yangın, insanların endüstriyel etkinlikleri, bitki örtüsü, ağaç türü ve toprakta yaşayan mikroorganizma faaliyetleri olarak sıralanabilir (Çepel, 1975)

pH, su kalitesiyle ilgili olarak, ağır metallerin çözünürlüğünü belirlediği için önemlidir (Pike vd., 2009). TSE'ye göre sudaki pH konsantrasyonu içme suları için 6,5-9,2 olarak belirlenmiştir. DSÖ'ye göre sudaki pH konsantrasyonu içme suları için 6,5-9,5 olarak belirlenmiştir. 6.8-8,2 pH aralığı ile iyi bir su kalitesine sahiptir. PH aralığı balıkların hayatta kalmasına ve içme suyu için ideal bir aralık olarak belirlenmiştir (Tepe vd., 2006). Global düzeyde pH'ı belirlemek için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Fakat en yaygın olanları, renk indikatörleri (örneğin, turnusol şeritleri) veya bir çözeltinin pH'sine orantılı voltaj üreten özel probalar şeklinde sıralanabilir (Pike vd., 2009).

Karasal ekosistemlerde, sudaki pH derecesi arazi kullanımına göre önemli derecede etkilenmektedir. Yapılan bir çalışmada, tarım alanlarının etkisindeki sulara pH düzeylerinin ormanlık ve kentsel yeşil alanlara göre daha düşük olduğu ve suyun asitliğini arttırdığı rapor edilmiştir (Megersa ve Tullu, 2018). Suyun pH'ındaki bu değişime, azotlu gübrelerin kullanımı neden olmaktadır. Bununla birlikte, kentsel ve ormanlık alan olarak karakterize edildiği yüzey sularının pH seviyeleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Megersa ve Tullu, 2018). Tarım ve orman alanlarından gelen suyun döküldüğü derelerde yapılan bir çalışmada ise, havzalarda kalkerli yapıda anakayanın bulunmasından dolayı örneklerin bazik karakterli olduğu belirtilmiştir (Çitgez, 2017).

Çevresel faktörler de yağış sularının pH'ında da önemli değişimlere neden olabilmektedir. Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan sıvı, katı ve gaz kökenli atıkların uygunsuz bir şekilde ortama bırakılmasından dolayı, genel olarak orman ve kentsel alanlarda pH değeri, sudaki yaşam için uygun olmayan düzeye çıkmaktadır (Gyawali vd., 2013).

Sudaki pH oranının değişiminde, ekolojik faktörlerin en önemli bileşenlerinden olan iklim parametreleri de önemli bir rol oynamaktadır. Organik ayrışmadan kaynaklanan yüksek karbondioksit konsantrasyonuna bağlı olarak kurak mevsimde suyun asitliğini hafif oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte su hacminin yüksek olması, su tutma kapasitesinin artması ve alkalilik kapasitesinin yüksek olması pH'ın yağışlı mevsimin büyük bir kısmı boyunca nötr veya alkali ortamda olmasını sağlamıştır (Mustapha, 2008).

### 1.6.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik (EC), bir akımdaki su gibi bir çözeltinin bir elektrik akımını geçirme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Yani, suda çözülmüş elektrolit iyonlarının konsantrasyonunun bir göstergesidir. Sudaki belirli iyonları tanımlamaz. Bununla birlikte, iletkenlikteki önemli artışlar, deşarjların suya girmesinin kirliliğe yol açığının bir göstergesi olabilir. Suyun AK'si, iyon bileşimi, iyon konsantrasyonu ve sıcaklık ile değişir (Moore vd., 2008a).

Ayrıca elektriksel iletkenliğin artması, nitrat, fosfat ve sodyum gibi çeşitli iyonların varlığına bağlı olarak değişir. Sıcaklık bağımlılığı nedeniyle, EC ölçümü standart bir sıcaklıkta (örneğin, 25 °C) düzeltilir. Elektriksel iletkenlik ile eşanlamlı düşünülen (Mills vd., 1993) “Spesifik iletkenlik” (SC) terimi, genellikle 25 °C olan belirli bir referans sıcaklığında ölçülen elektriksel iletkenliğe değinmektedir (Moore vd., 2008a). Elektriksel iletkenlik, içme ve sulama suyu için kullanılan suyun kalitesini doğrudan etkilediği için önemlidir (Özyuvacı, 1993) ve su kimyası ve hidrolojik süreçlerin bir göstergesi olarak kullanılır. Ayrıca yeraltı suyu boşaltma bölgelerini tanımlamak için de kullanılmaktadır (Moore 2004a; 2004b; Hudson ve Fraser 2005; Moore vd., 2008a). Orman ekosistemlerinde elektriksel iletkenliği etkileyen faktörler arasında toprak mineralizasyonu, organik madde miktarı, yağış kimyası ve evapotranspirasyon sayılabilir. Ormanlara düşen suyun buharlaşması sudaki iyon konsantrasyonu arttıran önemli bir faktördür. Ayrıca toprak ve kayalardaki iyonlar yağışla gelen su ile birlikte akışa geçmektedir. Alanın jeolojisi suya salınan iyonların miktar ve türünü belirlemektedir. Genel olarak meşcere altında organik maddenin fazla olması da elektriksel iletkenliği artırıcı yönde etkilemektedir (Chi, 2008). İletkenlik için temel ölçüm birimi santimetre başına mikromhos ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) veya santimetre mikrosiemdir ( $\mu\text{S/cm}$ ). Bu iki ölçü birimi birbiriyle aynı olup, her ikisi de kullanılabilir (Özyuvacı, 1993). İletkenlik suyun kaynağına bağlı olarak değişir. İletkenlik ölçümleri suyun iyonik bileşimini esas aldığından, çok sayıda organizma iyonların dengesini değiştirebilir. Distile su, 0,5 ila 3  $\mu\text{S/cm}$  arasında değişen bir iletkenliğe sahipken, çoğu su akımları 50 ila 1500  $\mu\text{S/cm}$  arasındadır. Tatlı su akımları, farklı su yaşamını desteklemek için ideal olarak 150 ila 500  $\mu\text{S/cm}$  arasında bir iletkenliğe sahip olmalıdır (Moore vd., 2008a).

Elektriksel iletkenlik dış ortamdan gelen müdahalelere veya doğal süreçlere göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle arazi kullanımları ve sosyal baskı suyun elektriksel

iletkenliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Çin’de üç farklı arazi grubunda (Tarım, Mera, Orman) yapılan bir çalışmaya göre, ormanın yoğun olduğu ölçüm noktalarından tarım ve yerleşimin yoğun olduğu ölçüm noktalarına doğru insan etkisindeki artışa bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerlerinin önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca tarım ve kentsel alanlarda elektriksel iletkenliğin yüksek olması çözünmüş iyonların daha fazla olduğuna işaret ettiği belirtilmiştir (Wang vd., 2013). Çin’de yapılan başka bir çalışmada ise, meralardaki yoğun otlatma faaliyetleri nedeniyle toprak yapısı gevşemiş ve bu durumun elektriksel iletkenliği arttırıcı nitelikte olduğu ortaya konulmuştur (Yu vd., 2016).

Bir diğer ana faktör olan mevsimsel değişiklikler de, elektriksel iletkenliğin değişimine neden olur. Bu değişim ile birlikte, sucul ekosistemde ve orman ekosistemi yapısında farklılıklar meydana gelmektedir. Yapılan bir çalışmada, yağışlı mevsim ve elektriksel iletkenlik arasında doğru bir orantı bulunmuştur. Yağmur sırasında  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $SO_4^{2-}$  gibi iyonların artan konsantrasyonu suyun iletkenliğinin artmasına katkıda bulunurken bu tuzların planktonlar tarafından kullanılması ve kurak mevsimlerde suyun kalma süresinin kısa olmasından dolayı elektriksel iletkenliğin azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Mustapha, 2008). Bununla birlikte tür sayısının yüksek iletkenliğe sahip suda azaldığı da gözlemlenmiştir (Dumont, 1999).

### **1.6.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)**

Toplam çözünmüş katılar, suda çözünmüş inorganik tuzların (katyonlar ve anyonlar) bir ölçüsüdür. Suda çözünmüş tuzların fazla olması, elektriksel iletkenliğin fazla olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla TDS, elektriksel iletkenliği ölçerek dolaylı olarak ölçülebilir. TDS’nin başlıca bileşenleri, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, fosfat ve nitrat şeklinde sıralanabilir (Health Canada, 1978). Toplam çözünmüş katı madde miktarı ve özgül iletkenlik, bu iyonların toplam konsantrasyonunun iki ölçüsüdür (Pike vd., 2009). Bu çözünmüş katı maddeler ekosistemlere hem doğal hem de insan kaynaklarından (yol tuzu, gübre, vb.) gelir. Orman ekosistemlerinde insanlar tarafından yapılan farklı ormancılık uygulamaları ve doğal bozulmalar sediment miktarını arttırıcı etkiye sahiptir. Özellikle traşlama kesimler, kesimlerden sonra emvali çıkarmak için kullanılan araç ve gereçler, yol, köprü inşaatları gibi

faaliyetler sediment birikimine neden olmaktadır. Bununla birlikte, çözünmüş katı madde miktarı da artış göstermektedir (Pike vd., 2009). Doğal bir etki olan yağış rejimi de toplam çözünmüş katı madde miktarı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Yağışın düzensiz ve yoğun olması yüzeysel akışla toprağın daha fazla kaybına neden olur. Ayrıca toplam çözünmüş katı madde, endüstriyel atıkların yağışlarla birlikte yıkanması ve tuz-su girişi ile de değişkenlik gösterebilir. Doğal sulardaki TDS konsantrasyonu ve bileşimi, drenajın jeolojisi, atmosferik yağış ve su dengesi (buharlaştırma-çökelme) ile belirlenir. Çözünmüş katı madde düzeyinin yüksek olması korozyona neden olur, tarım ürünlerinde verimi azaltır, sabun ve deterjan tüketimini artırır ve su canlılarına zarar verebilir (Görcelioğlu, 1992). İçme suyu kalitesi standartlarına göre bu değer 500 mg/l olarak belirlenmiştir (Health Canada, 1978).

Toplam çözünmüş katı madde ile arazi türü ve arazinin topoğrafik yapısı arasında doğru bir orantı vardır. Tarım, kentsel alan ve orman arazi kullanımlarında yapılan bir çalışmaya göre, toplam çözünmüş katı maddenin tarım ve kentsel alanda arazi yüzeyinin çıplak olması ve bilinçsizce arazi kullanımından dolayı artan yönde ilerlediği ve vejetasyon örtüsüyle kaplı ormanlık alanda azalan yönde ilerlediği ortaya konmuştur. Ayrıca eğim derecesinin yüksek olması da yüzeyden daha fazla toprak kopmasına ve tarım arazi kullanımındaki toplam çözünmüş katı madde miktarının önemli derecede artmasına neden olmuştur (Gyawali vd., 2013).

Orman ekosistemleri, şiddetli yağmurların hızını azaltarak, toprağı ve yapısını dış etkenlere karşı korur ve filtre görevi görür. Yani organik madde miktarı ve ağaç kökleri toprağı tutarak, sediment taşınımını ve sularda çözünmüş maddeyi azaltır. Yapılan bir araştırmada, toplam çözünmüş katı madde, kentsel alanlarda kurak sezonda, tarım alanlarında yağışlı sezonda artış gösterirken, orman alanlarında yağışlı ve kurak sezonda azalan bir etki göstermiştir (Kibena vd., 2014).

#### **1.6.4. Fosfor (P)**

Fosfor, genellikle su ekosistemlerinde biyolojik üretimi sınırlayan besin maddesidir. Fosfor, volkanik kayaların ayrışması, toprakta yıkanma ve organik maddelerden kaynaklanmaktadır. Küçük miktarlarda fosfor, bitkilerin büyümesi, bitkilerde ve hayvanlardaki metabolik reaksiyonlar için gereklidir. Sucul yetişme ortamlarında fosforun bitkilerin kullanımına hazır hale gelişi ayrışma yoluyla olur. Bitkilerce alındıktan sonra

organik fosfora dönüştürülür. Bunların çürümesiyle işlem tersine döner (Özyuvacı, 1993). Tarım alanları ve kentsel alanların yüzey sularında çok miktarda fosfor bulunmaktadır (Griffith vd., 2002). Çünkü tarım arazilerinde kullanılan gübrelerin sızması, kullanılan fosfat bazlı deterjanlar ve sabunlar fosfat konsantrasyonunun artmasına neden olur. Bu olaylar, alglerin daha sonraki gelişmesi ve su kalitesinde değişiklikler ile rezervuarın kültürel ötrofikasyonuna yol açar. Su kaynaklarında bulunan fosfor, ötrofikasyon için gerekli olan bir elementtir (Harper, 1992). Ötrofikasyon sorunu, doğal olarak fosfor açığı bulunan sularda, fosfor miktarının artışına bağlı olarak hızlanır. Ötrofikasyon, hoş olmayan tada ve kokuya neden olacak, suyu renklendirecek ve diğer gazların çözünmesini, özellikle de alg çiçeklenmesinin bir sonucu olarak çözülmüş oksijeni etkileyerek rezervuarın su kalitesini etkileyebilir (Mustapha, 2008). Orman vejetasyonunda fosfor, bize toprağın verimliliği hakkında bilgiler vermektedir ve vejetasyonun sürdürülebilirliği için gerekli bitki besin elementidir. Organik maddece zengin asit toprakta alınabilir fosfor bol miktarda bulunmaktadır (Miranda, 2008).

Azotun aksine, fosforun gaz bileşeni yoktur (Scatena, 2000). Fosfor kaynakları tarım ve kentsel yüzeysel akış, toprak erozyonu ve atık su içerir. Fosforun yüksek olması, istenmeyen alglerin aşırı miktarda üretilmesine, balıkların ölmesine, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve içme suyunun bozulmasına yol açabilir (Wetzel, 2001). Fosfor insan sağlığına zararlı olarak kabul edilmez (Scatena, 2000) ve uygun fosfor değerleri şu şekildedir;

İçme suyu kaynakları: <0.01 mg/l

Rekreasyon: <0.01 mg/l

Su yaşamı: 0.005–0.015 mg/l

Doğal sularda ve atık sularda fosfor, genellikle fosfatlardan oluşmaktadır. Dış etkenler fosfor miktarını önemli derecede etkilemekte olup, fosfor konsantrasyonunun yüksek miktarda olması sucul ekosistemler için de tehlike arz etmektedir. Farklı arazi kullanımlarında yapılan bir çalışmaya göre fosfat değerinin yerleşim yerlerinde yüksek olmasının nedeni evsel atıklar ve deterjanlardır. Bu değerlerin fazla miktarda olmasını tetikleyici faktör olarak yerleşim yerinde yaşayan nüfusun yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bunun yanı sıra, orman alanlarındaki fosfor konsantrasyonu ideal bir değerde bulunmuştur. (Çitgez, 2017). Ayrıca kentsel ve tarımsal alanlarda kullanılan sentetik gübreler, yüzeysel akışla veya yeraltı suları yoluyla taşınarak su kaynaklarına aktarılmaktadır (Pitt vd., 2009; Hayashi ve Rosenberry, 2001). Başka bir çalışmada ise, fosfor içeriği gerekli olandan daha yüksek olan çim gübrelerinin aşırı kullanıldığı kentsel

alanlardaki fosfor seviyeleri doğal alanlardan önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (Banner vd., 2009).

Fosfor üzerinde mevsimsel değişimin etkisinden bahsedildiği bir çalışmada, fosfor seviyesinde yazları bir yükselme olduğu ortaya konulmuştur. Bunun nedeni toprak ve kayalardan geçen ve havadan fosfat bağlayabilen mavi-yeşil alglerin artışı ve fosforlu gübrelerin kullanımından kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Tepe ve Boyd, 2001). Benzer bir çalışmada ise kentsel ve tarım alanları ile toplam fosfor arasında anlamlı olarak pozitif ilişki bulunmuş ve toplam fosfor değerinin yazın ve yüksek yağışlardan sonra arttığı belirtilmiştir (Rothenberger vd., 2009).

#### 1.6.5. Amonyum (NH<sub>4</sub>)

Amonyum, nitrojeni dikkate alırken ilgilenilen birincil bileşenlerden biridir. Amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)'nin amonyağa (NH<sub>3</sub>) dönüşümü pH'a bağlıdır. Yani hem amonyak hem de amonyum suda bulunabilir, ancak amonyak sadece pH 9'dan büyük olduğunda stabildir. Amonyak konsantrasyonu pH birimindeki her düşüşle **on kat** azalır. Bu nedenle, amonyak konsantrasyonları asidik orman toprakları için (pH;4-6,5) beklenen limitlerinin altında bulunmaktadır (Binkley vd., 1999a). Orman vejetasyonunda amonyum, bitki alımında hızla kullanılır ve toprak katyon değişim sahalarında sabitlenir. Amonyum, akut toksik potansiyele sahip olmasını yanı sıra orman vejetasyonunda biyotik (haşere) ve abiyotik (kuraklık, don) zararlara karşı daha yüksek duyarlılığa yol açan asimilasyon nedeniyle bitki örtüsüne zarar verebilir (Fangmeier vd., 1994). Ayrıca amonyumun yağmur suyu pH'sini artırma eğilimi vardır. Amonyum toprakta nitrik aside dönüşebilir, ancak bu asitlik kaynağı genellikle serbest asitlerin ıslak ve kuru birikiminden daha az önemlidir. Amonyum, amonyağın (gübreten uçucu hale gelen) kükürt dioksit (fosil yakıtlardan) ile vejetasyon yüzeyleri üzerinde etkileşmesiyle oluşan amonyum sülfat olarak bulunur. Yağmur suyu ile sızdıktan sonra, toprağa ulaşan amonyum sülfat, nitrik ve sülfürik aside hızla oksitlenir, **son derece düşük** pH değerleri (2,8-3,5) oluşur. Amonyum sülfatın bitki örtüsü üzerine çökmesi, yoğun hayvan yetiştiriciliği olan bölgelerde önemlidir (Breemen vd., 1982).

Amonyum, içme suyunda beklenen konsantrasyonlarda sağlık açısından doğrudan bir öneme sahip değildir. Bu nedenle sağlık temelli bir kılavuz değer önerilmemektedir.

Ancak, amonyum, dezenfeksiyon etkinliğini tehlikeye atabilir, dağıtım sistemlerinde nitrit oluşumu ile sonuçlanabilir ve sulara tat ve koku problemlerine neden olabilir. Yeraltı sularındaki doğal seviyeler genellikle litre başına 0,2 mg amonyum seviyesinin altındadır. Daha yüksek amonyum miktarları (3 mg/l'te kadar) hümik maddeler, demir veya ormanlarda zengin tabakalarda bulunur. Yüzey suları 12 mg/l'te kadar amonyum içerebilir (WHO, 2004). Suda amonyum varlığı, evsel ve endüstriyel atıkların ve gübrelerin karıştığı bir göstergesidir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011).

Arazi kullanımları, amonyum konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ekvator'daki bir nehrin kentsel arazi, tarım ve orman alanlarında yapılan ölçümler sonucunda, kentsel araziden gelen yüzeysel ve yeraltı suyundaki  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonları, tarım ve orman alanlarından gelen yüzeysel ve yeraltı suyuna göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi olarak atık sularının karıştığı düşünülmektedir (Knee ve Encalada, 2014). Çin'de yapılan bir araştırmaya göre ise,  $\text{NH}_4^+$ -N konsantrasyonunun ormanlık alandan tarım ve kent alanlarına doğru insan faaliyetlerinin etkisindeki artışa bağlı olarak arttığı ortaya konulmuştur (Wang vd., 2013).

Topraktaki birçok besin maddesi yağışlı dönemlerde yıkanmaktadır. Yüzeysel veya yüzey altı akışa geçen bu yağmur suları beraberinde topraktaki birçok besin maddesini de derelere, nehirlere, akarsulara taşımaktadır. Fakat bu durum orman ekosistemleri için tam tersi yönde hareket etmektedir. Orman ekosistemlerinden gelen sulara besin elementleri daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada amonyum miktarının mevsimlere bağlı olarak değişimi gözlenmiş ve amonyum miktarının kurak mevsimlerde azaldığı, yağışlı mevsimlerde artış gösterdiği ortaya konulmuştur. Sebebi, yağışa bağlı olarak azotlu organik maddelerin yüzey akışlarında fazla olduğu ve yaz aylarında suyun az olmasıyla organik madde taşınımının fazla olmaması, amonyum miktarında artışa neden olmamıştır (Çitgez, 2017).

#### **1.6.6. Klor (Cl)**

Klor, büyük miktarlarda üretilir ve hem endüstriyel hem de yerel olarak önemli bir dezenfektan ve ağartma maddesi olarak yaygın olarak kullanılır. Özellikle, yüzme havuzlarının dezenfekte edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve içme suyu arıtımında en çok kullanılan dezenfektan ve oksidanlardır. Suda, klor hipokloröz asit ve hipokloritler

oluşturmak için reaksiyon gösterir. Her üç tür birbiriyle dengede bulunur, nispi miktarlar pH ile değişir. Seyreltik çözeltilerde ve 4,0'ın üzerindeki pH seviyelerinde, çözeltilerde çok az moleküler klor bulunur (WHO, 2004). Evsel atık sular alıcı su ortamlarına önemli miktarda klor taşır. Benzer şekilde, pek çok endüstriyel atıklarda önemli miktarlarda klor içermektedir (Sawyer ve McCarty, 1985). Klor tarım alanları için önemli olup sulamada kullanılan en önemli kısıtlayıcı etmenlerden birisidir. Klorun bitkiler tarafından alınımı çok kolaydır. Alınan iyonlar bitkilerin yapraklarında birikerek “yaprak yanması”na neden olmaktadır (Anaç, 2004). Klor orman vejetasyonu bitkileri için köklerin oksijen alınımını ve kuraklığa karşı dayanıklılığı artırır. Yağmur suları düşük miktarda klor konsantrasyonu içermesine rağmen, atmosferden gelen yağışla yeterli miktarda klor sağlanır. Bununla birlikte klorlu gübreler de yine klor miktarını artırıcı etkiye sahiptir (KTÜ, Bitki Beslenmesi sunu 10).

İçme suyunda klora maruz kalan insanlarda ve hayvanlarda, herhangi bir ters tedaviye bağlı etki gözlenmemiştir. Klor, en fazla dezenfekte edilen içme suyunda 0,2-1 mg/lt konsantrasyonlarda bulunur. Bireylerin çoğu, 5 mg/lt altındaki konsantrasyonlarda ve bazılarında 0,3 mg/lt kadar düşük seviyelerde klor veya yan ürünlerini (örneğin kloraminleri) tadabilir. Damıtılmış suda klor için tat ve koku değerleri sırasıyla 5 ve 2 mg/lt'dir. Havada klorun keskin ve hoş olmayan bir kokusu vardır. WHO'ya ve TSE'ye göre içme suyunda bulunabilecek uluslararası içme suyu standart değeri 250 mg/lt olarak belirlenmiştir (WHO, 2004).

### 1.6.7. Demir (Fe)

Demir, yer kabuğunun yaklaşık %5'ini oluşturan ve doğada en bol bulunan ikinci metaldir. Demir iyonları  $Fe^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  oksitler, hidroksitler, karbonatlar ve sülfürler oluşturmak için oksijen ve sülfür içeren bileşiklerle kolayca birleştiğinden, elementel demir nadiren doğada bulunur. Demir genellikle doğada oksitleri şeklinde bulunur. Topraktaki demir içeren tabakaların havalandırılması, hem yer altı hem de yüzey suyunun kalitesini etkileyebilir. Demirin çözünmesi, oksidasyonun ve pH'ın azalmasının bir sonucu olarak ortaya çıkabilir. Demir orman vejetasyonu için gerekli mikro besin elementleri arasında yer almaktadır. Nitrojenin azaltılması, solunum ve fotosentez gibi metabolik süreçlere dahil olmasından dolayı bitkiler ve mikroorganizmalar için gereklidir (Lemanceau vd., 2009). Demirin bitkiler tarafından alınamaması veya demir miktarının yetersiz olması bitkilerde

klorofil miktarını azaltmaktadır. Bununla birlikte toprakta fosfor mevcudiyetini kontrol etmektedir (Hinsinger, 2001). Demir konsantrasyonu, doğal tatlı sularda 0,5 ila 50 mg/L arasında değişen seviyelerde bulunur. Demir pıhtılaştırıcıların kullanımı veya su dağıtımı sırasında çelik ve dökme demir boruların korozyonu sonucu içme suyunda da demir bulunabilir. Demir insan beslenmesinde önemli bir elementtir. Sağlık açısından zararlı görülmeyen değer yaklaşık 2 mg/L'dir. Genellikle demir konsantrasyonu 0,3 mg/L altında belirgin bir tada sahip değildir. WHO'ya ve TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum demir konsantrasyonu içme suyu için, 1,0-0,2 mg/L olarak belirlenmiştir (WHO, 2004).

Filtre görevi gören ormanlar ile kirleticilere maruz kalmaya yatkın kentsel ve tarım alanlarındaki demir konsantrasyonları arasında dikkat çekici farklılıklar mevcuttur. Yapılan bir çalışmada buğday verimliliğini arttırmak için kullanılan demir içerikli tarım ilaçları, özellikle yağışlı mevsimlerde topraktan yıkanmayla birlikte demir konsantrasyonu arttığından demir içeren sular ve partiküller yağmura ve yüzey sularına karıştığı tespit edilmiştir. Fakat doğal durumlarını koruyan orman ekosistemlerinin oluşturduğu su kaynakları, düşük konsantrasyonda besin maddesine sahip olurken yüksek nitelikte su kalitesine sahip olmaktadır (Mutlu ve Aydın Uncumusaoğlu, 2016).

### **1.6.8. Nitrat (NO<sub>3</sub>)**

Nitrat, azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotu suda kolay çözünür ve su için bir tehlike sinyalidir. Nitrat, nitrojen döngüsünün bir parçası olan doğal olarak oluşan iyonlardır. Nitrojen, yeryüzünde bol miktarda bulunur ve N<sub>2</sub> gazı olarak havanın yaklaşık% 80'ini oluşturur. Çoğu bitki bu formda kullanamaz. Bununla birlikte, mavi-yeşil algler ve baklagiller, N<sub>2</sub> gazını bitkiler tarafından kullanılabilir nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dönüştürme yeteneğine sahiptir. Bitkiler protein oluşturmak için nitrat ve bitkileri yiyen hayvanlar da protein oluşturmak için organik azot kullanırlar. Bitkiler ve hayvanlar öldüğünde ya da atıkları atıldığında, bu azot çevreye NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (amonyum) olarak salınır. Bu amonyum, nihayetinde bakteriler tarafından nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ve daha sonra nitrat içine oksitlenir. Nitrat böylece bitki ve hayvan atıklarının yanı sıra kanalizasyon veya gübre gibi insan kaynaklarının ayrıştırılması gibi doğal kaynaklardan derelere girer (Van Drecht vd., 2003). Nitrat esas olarak inorganik gübrelerde kullanılır. Yeraltı ve yüzey sularındaki nitrat konsantrasyonu normal olarak düşüktür, ancak amonyak ve benzeri kaynakların

oksidasyonu sonucunda tarım arazisinden sızma veya akıntı veya insan ya da hayvan atıklarından kaynaklanan kirlilik sonucu yüksek seviyelere ulaşabilir. Nitrat oluşumunun bir diğer önemli sebebi ise, nitrat kaynaklı gübrelerin kullanılmasıyla suda kirlilik oluşturur. Ayrıca azot gübrelerinin aşırı uygulanması sonucunda yüzey sularında nitratın atmosferik birikimine yol açarak, denitrifikasyona neden olur (Pitt vd., 2009). Orman vejetasyonunda, üretim ve silvikültürel faaliyetler, mikrobiyolojik açıdan toprak süreçlerini etkilemektedir. Orman içi açıklıkların varlığı ve kapalılığın az olması toprakta nitratlaşmayı arttırmaktadır. Ayrıca kıvılcık gibi nitrojen bağlayıcı bitkilerin varlığı da nitrat seviyesinin artışında büyük bir etkiye sahiptir. Bunların tersine nitrat konsantrasyonu denitrifikasyondan dolayı ormanlarda azalış gösterebilir. Özellikle toprak neminin ve toprak çözeltisinde çözünmüş organik karbonun artmasından kaynaklanan anaerobik koşulların var olduğu nehir kıyısındaki ormanlarda azalmaktadır (Feller, 2005,2008). Ayrıca anaerobik koşullar, nitritin oluşumu ve kalıcılığı ile sonuçlanabilir. (WHO, 2004). Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) iyonları, bitkilerde, toprakta veya suda mikroorganizmalar tarafından azotun oksidasyonu ve yıldırım gibi elektriksel deşarjlar ile oluşur (Beatson, 1978). Bazı bakteriler nitratları indirgeyerek nitrite dönüştürür. Meydana gelen fazla miktardaki nitrit emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirerek oksijenin dokulara taşınmasını önler. Bu durumda bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olarak ölüme yol açabilir. Nitrat mg/Lt olarak ölçülür. Doğal nitrat seviyeleri genellikle 1 mg/Lt'den azdır. 10 mg/Lt'nin üzerindeki konsantrasyonlar tatlı su akvaryumu üzerinde olumsuz etki yaratır. Nitrit ve amonyum, sudaki yaşam için nitrattan çok daha toksiktir. WHO'ya ve TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum nitrat konsantrasyonu içme suları için 50 mg/Lt, kaynak suları için 25 mg/Lt dir. Bebekler için ise bu değer maksimum 10 mg/Lt olarak kabul edilmiştir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011). Yüzey sularında ve yeraltı sularında bulunan azotlu bileşikler, su kalitesi için oldukça önemli bir yere sahiptir. Arazi kullanım türü bu noktada ana etken olup, kimyasallar, ağır metaller gibi ek girdilerin kullanımı su kalitesinin önemli derecede bozulmasına neden olmaktadır. Mississippi nehrinde yapılan bir çalışmada azot ve amonyumlu gübrelerin kullanımından dolayı nitrat seviyelerindeki artışın %89'unun tarımsal uygulamalardan geldiği tespit edilmiştir. Ormanlık havzalardan gelen su kaynaklarında ise nitrat konsantrasyonu diğer kullanım biçimlerine göre daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte orman ekosistemlerinde suyun biyolojik verimliliği düşük fakat ideal nitelikte su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir (Van Dreht vd., 2003).

Yapılan başka bir çalışmada ise, tarım alanlarında kullanılan gübre miktarındaki artışın, topraktaki ve sudaki nitrat miktarını arttırdığı ve ormanlık alanların nitrat değerleri üzerinde negatif bir etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Coulter vd., 2004).

Tarımsal üretimde kullanılan başta kimyasal gübreler olmak üzere genelde gübreler suların kirlenmesinde önemli bir paya sahiptir. Gübrelerden kaynaklanan kirlilik içerisinde ise üzerinde en fazla durulan suların nitrat ile kirlenmesidir. Çünkü NO<sub>3</sub>, tarımsal üretimde kullanılan gübrelerle gün geçtikçe artan miktarlarda uygulanmakta ve toprakta NO<sub>3</sub> birikmektedir. Biriken bu NO<sub>3</sub>'ın koşullara göre değişen miktarları, yıkanarak toprak derinliğine hareket etmekte ve bir bölümü yeraltı ve yerüstü sularına ulaşmaktadır (Kaplan vd., 1999).

Sularda bulunan kimyasal maddelerin konsantrasyonu üzerinde yağış ve akım koşulları da etkilidir. Nitratın mevsimsel olarak değerlendirildiği bir çalışmada, nitrat konsantrasyonunda mevsimlere göre artış gözlemlenmiştir. Yağışlı mevsimlerde nitratın daha yüksek konsantrasyonda bulunduğu, kurak mevsimlerde ise en düşük olduğu tespit edilmiştir (Mustapha, 2008). Yağışlı mevsimlerde orman havzalarında oluşan nitrat konsantrasyonları kayıpları aşağı kesimlerde bulunan su kaynaklarının kalitesi için artırıcı bir etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur (Balcı ve Özyuvacı, 1976).

### 1.6.9. Sülfat (SO<sub>4</sub>)

Sülfatlar, doğal olarak çok sayıda mineralde bulunur ve ticari olarak, kimya endüstrisinde kullanılır. Endüstriyel atıklarla ve atmosferik biriktirme yoluyla suya deşarj edilirler; Ancak, sülfatın en yüksek seviyeleri genellikle yeraltı sularında ve doğal kaynaklarda meydana gelir. Bununla birlikte sülfatlar madenlerden, kâğıt fabrikalarından, tekstil fabrikalarından ve tabakhanelerden suya boşaltılır. Sülfür bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksitite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici durumundadır. Suda yüksek miktarda sülfat bulunması, yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asidite anlamına gelmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011). Ayrıca sülfatlar orman ekosistemleri için toksik etkiler yapmaktadır. Kükürt dioksitin fotolitik veya katalitik oksidasyonu ile üretilen sülfür trioksit, su buharı ile birleşerek "asit yağmuru" olarak düşünülen seyreltik sülfürik asit oluşturur (Delisle ve Schmidt, 1977). Çözünmüş oksijen ve nitratların olmadığı yerlerde sülfatlar, anaerobik

bakteriler tarafından gerçekleştirilen biyokimyasal oksidasyon için oksijen kaynağı niteliğindedir (Sawyer ve McCorty, 1985). Aslında organik maddelerdeki sülfür çoğunlukla proteinde bulunur ve aerobik şartlarda sülfür, sülfata okside olur ve zararlı form olan hidrojen sülfite dönüşmez. Bu nedenle sülfid ve sülfat derişimleri yaz aylarında düşme kış aylarında yükselme eğilimindedir (Tepe vd., 2006). Orman ekosistemlerinde kükürt, bitkilerde belirli amino asitlerin üretimi için gereklidir. Yüksek atmosferik kükürt orman vejetasyonunun sülfat içeriğinde artış meydana getirir ve bu da kirliliğin oluşmasına neden olmaktadır. Sülfür eksikliği büyümeyi azaltmayabilir ancak sülfür içeren amino asitlerin özellikle de yapraklarda sülfat birikimine neden olur (Turner vd., 1980). Genel olarak, günlük ortalama içme suyu, hava ve gıdadan sülfat alımı yaklaşık 500 mg olup, ana besin kaynağıdır. Mevcut veriler, içme suyundaki olumsuz insan sağlığı etkilerine neden olabilecek bir sülfat seviyesini tanımlamamaktadır. Bununla birlikte, yüksek sülfat seviyeleri içeren içme suyunun sindirilmesinden kaynaklanan gastrointestinal etkiler nedeniyle, sağlık otoritelerinin, 500 mg/lt 'den fazla sülfat konsantrasyonu içeren içme suyu kaynaklarından haberdar edilmesi tavsiye edilmektedir. İçme suyundaki sülfat mevcudiyeti de dikkat çekici bir tada neden olabilir. TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum sülfat konsantrasyonu içme suları için 250 mg/lt olarak belirlenmiştir. WHO'ya göre bu değer 500 mg/lt olarak belirlenmiştir (WHO, 2004).

Yağışın şiddeti ve yağışlar esnasında atmosferden gelen azot kükürt gibi besin elementleri de sülfat konsantrasyonu üzerinde etkiye sahiptir. Yapılan bir çalışmaya göre, sülfat konsantrasyonu kurak mevsimdeki en düşük değer  $9\pm 0,2$  mg/lt iken en yüksek değer  $16,9\pm 0,45$  mg/lt'lik bir konsantrasyona kadar kademeli olarak arttığı ve yağışlı mevsimlerde yüksek bir değere sahip olduğu ortaya konulmuştur. Tarımsal faaliyetler için kullanılan sülfat içerikli gübreler, yağışla birlikte yıkanmasıyla sülfat konsantrasyonunu artırıcı etki yapmıştır. Orman ekosistemlerinde, ekosistemin her bir noktasıyla temas halinde olan yağış, sülfat konsantrasyonunu azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir (Mustapha, 2008).

#### **1.6.10. Kalsiyum (Ca)**

Kalsiyum, kayaçların çoğunda başlıca bileşenlerden biridir. Kalsiyum, sertlik, toplam çözünmüş katı madde ve elektriksel iletkenlik gibi kalite parametrelerinde yer alan başlıca iyonlardan birini oluşturmaktadır. Genellikle asit karakterli turbalık ve bataklık suları

dışındaki suların çoğunda bol miktarda bulunmaktadır. Ayrıca pH değerlerinin 7-8 'den az olduğu sularda çözülmüş halde kalsiyum varlığı gözlenmektedir (Özyuvacı, 1993). Kalsiyumun vücuda doğrudan zararlı etkisi yoktur. Hatta kemik yapısı için yararlıdır; ancak içim bakımından problem teşkil eder. Öte yandan, suyun taş yapma potansiyeli de artar. Çok düşük olması aşındırıcı etki yaratabilir. Sudaki kalsiyum, suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011). TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum kalsiyum konsantrasyonu içme suları için 100-200 mg/l olarak belirlenmiştir. WHO'ya göre suda bulunabilecek maksimum kalsiyum konsantrasyonu içme suları için 100 mg/l olarak belirlenmiştir (WHO, 2004). Önerilen maksimum Ca'nın 75 mg/l olduğu bildirilmiştir (Taş, 2006).

Doğal durumlarını koruyan ekosistemlerde katyon ve anyon konsantrasyonları jeolojik yapı ve toprak tarafından etkilenmektedir. Yapılan bir çalışmada kalkerli anakayaya sahip alanlarda kalsiyum konsantrasyonu yüksek bulunmuştur (Mosher vd., 2010).

İklimsel değişimler, yağış şiddeti ve miktarı besin elementleri konsantrasyonu ile yakından ilişkilidir. Yapılan bir araştırmaya göre, şiddetli yağmurlardan sonra ve çevredeki su döküntülerinden dolayı gelen akıntıların kalsiyum iyonlarını artırdığı ortaya konulmuştur. Orman ekosistemlerinde, ekosistemin her bir noktasıyla temas halinde olan yağış, sülfat konsantrasyonunu azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir (Mustapha, 2008).

#### **1.6.11. Magnezyum (Mg)**

Magnezyum, kireçtaşı ve mermer gibi karbonat içeren volkanik kayalarda bol miktarda bulunur. Sudaki en önemli çözülmüş katı maddelerdir ve en çok tatlı sularda bulunan iyonlar arasındadır (Mutlu vd., 2013b). Düşük pH değerlerinde veya karbondioksit konsantrasyonunun yüksek olması halinde çözünürlüğü artar. Ayrıca çevredeki su döküntüsünden gelen akıntılar ve ileri derecede ayrışma gösteren volkanik kayaların yüzey sularıyla yıkanmaları sonucu kalsiyum ve magnezyum iyonlarının bulunmasına katkıda bulunabilir (Mustapha, 2008). Orman ekosistemlerinde magnezyum önemli bir makro besin elementidir. Ormanlarda yapılan yoğun işletmecilik faaliyetleri, çöp yığınları, otlamacılık, yağış miktarının düşük olması ve anakayanın magnezyum besin maddesi yönünden fakir olması topraktaki magnezyum miktarını düşürmektedir (Roberts ve Tester, 1995). Bununla birlikte ortaya çıkan magnezyum eksikliği vejetasyon gelişimine önemli derecede engel

olmakta ve bitkiler için yaprak sararması gibi sorunlara neden olmaktadır. Toprak çözelti içinde iyon değişimi ve taşınmasında fiziksel ve kimyasal kısıtlamaların yanı sıra, mikoriza ile toprak organizmalarının ve magnezyum için ağaç köklerinin rekabeti, ağacın magnezyum mevcudiyetini azaltabilir. Bu durumda ekosistemdeki kök işleyişinin dengede tutulması oldukça önemlidir (Hüttel ve Schaaf, 1997).

100-400 mg/lit üzerindeki konsantrasyonlarda bulunması halinde bazı balıklar için zehir etkisi yapabilir. Magnezyum konsantrasyonunun 14 mg/lit'nin altında olması genelde balık faunasını destekleyici bir rol oynar (Özyuvacı, 1993).

Fazla olması durumunda gözlerde tahribata yol açar. İshal yapıcı etkisi ortaya çıkar. Sudaki magnezyum, suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır. Suyu acılık verir. TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum magnezyum konsantrasyonu içme suları için 30-50 mg/lit olarak belirlenmiştir. WHO'ya göre suda bulunabilecek maksimum magnezyum konsantrasyonu içme suları için 50 mg/lit olarak belirlenmiştir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011). Normal sularda magnezyum konsantrasyonu 5 mg/lit ve 60 mg/lit arasında olmalıdır. Hafif sert sularda, 60 ve 100 mg/lit arasındaki değerler tipik olarak kabul edilebilir ve önerilen Mg<sup>2+</sup> konsantrasyonu 50 mg/lit'dir (Taş, 2006).

Kalsiyum ve magnezyum iyonlarını içeren yeraltı sularında geçici bir sertlik ortaya çıkmaktadır. Suda çözülmüş organik madde ve ana kaya arasındaki ilişkinin bulunabilmesi için yapılan bir çalışmada, kireçtaşı ana kayasına sahip alanların magnezyum konsantrasyonunun yüksek olduğu ortaya konulmuştur (Mosher vd., 2010). Tarım havzalarında yapılan bir çalışmada, genel olarak bakıldığında magnezyum, bazik volkanik kayalarda yaygın olarak bulunan bir element olduğu için yağışın fazla olduğu kış ve ilkbahar mevsimlerinde sulardaki magnezyum konsantrasyonunun yüksek miktarda olduğu bulunmuştur. Fakat orman havzalarının oluşturduğu su kaynaklarında, magnezyum konsantrasyonunun düşük olduğu bulunmuştur (Hem, 1971).

Magnezyum su sertliğini belirleyen etmenlerden bir tanesidir. Sert sular sağlığa zararlı olmamakla birlikte, yemek pişirmeye, içmeye, çamaşır yıkamaya elverişli değildirler. Sertlik, sabunun köpürmesini azaltarak, kazan taşları oluşturarak, bazı endüstriyel proseslere zarar vererek ve suyun tadını bozarak su kalitesini etkiler. Ancak suda bulunan ve sertlik oluşturan Ca +2 ve Mg +2 iyonlarının sağlık üzerinde olumlu etkileri vardır. Su sertliğinin yarattığı olumlu ve olumsuz etkiler doğru değerlendirilmelidir, çünkü asıl hedef suyun uygun tüketimidir (Boysan ve Şengörür, 2009).

### 1.6.12. Potasyum (K)

Potasyum, insanlarda önemli bir elementtir ve tüm doğal sular da dahil olmak üzere çevrede yaygın olarak bulunur. Genelde sodyum kadar bol olmamakla beraber bitki büyümesi ve çoğalması için gerekli elementtir. Dönüşümü akuatik bitkiler tarafından sağlanır. Ham sular genellikle 1,5 mg/l'ten daha az potasyum içerir. Bu miktar 400 mg/l'nin üzerine çıktığında bazı balıklar için öldürücü etki yaratabilir. 700 mg/l'nin üzerine çıktığı taktirde omurgalılarda da ölüme neden olabilir (Özyuvacı, 1993). Potasyum orman ekosistemlerindeki ana girdilerden birisidir. Bitki büyümesinde temel besin maddesidir ve bitkilerin dış etkenlere karşı dayanıklılığını arttırmaktadır. Çoğunlukla işletme faaliyetleri ve yıkanma yoluyla azalmaktadır. Bununla birlikte potasyum konsantrasyonu asit reaksiyonlu topraklarda yağış şiddetinin artışına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Eriksson ve Jönsson, 1994).

Etkisi sodyuma benzerdir. Kaynağını endüstriyel kirlenme, tarımsal gübreler ve toprak yapısı oluşturur. WHO'ya ve TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum potasyum konsantrasyonu içme suları için 12 mg/l olarak belirlenmiştir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011).

Arazi kullanım faaliyetlerinin toprak özellikleri ve suyun toprağın içerisindeki hareketi üzerindeki etkisi suların kalitesini belirleyen en önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Tarım ve orman havzalarında yapılan bir araştırmada, tarım havzasından elde edilen su kaynaklarında potasyum konsantrasyonunun arttığı ortaya konulmuştur. Orman havzalarından gelen suyun potasyum konsantrasyonunun yüksek değerlere ulaşmadığı ve kirlenme etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Kimyasal bileşiklerin yüzeysel akışa geçmelerinde mevsimsel değişimlerin büyük katkısı vardır. Yapılan bir araştırmada potasyum konsantrasyonu yazın yağın şiddetli yağmurlardan dolayı tarım ve ormanlık havzada artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çitgez, 2017).

Özetle, su verimi ve kalitesi iklim, jeoloji, topografya, toprak, arazi kullanımı ve sosyo-ekonomik yapı gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Dolayısıyla ekosistem çalışmalarında su ve bu faktörler arasındaki ilişkiyi anlamak çok önemlidir. Giderek gelişen endüstri ve hijyenik anlayışı, suyun bilinçsizce tüketilmesine yol açmış ve an az suyun miktarı kadar kalitesi üzerine de yoğunlaşmayı zorunlu kılmıştır (Özyuvacı, 1993). Kentsel yeşil alan ekosistemleri, su kalitesi parametreleri üzerinde birçok etkiye sahiptir. Heyelan, erozyon ve yangın gibi doğal süreçlerden kaynaklanan tortu konsantrasyonları, akım

sıcaklıkları ve artan besin maddesi konsantrasyonları su kalitesini olumsuz yönde etkiler. Ayrıca kentsel yeşil alan ekosistemleri bitki örtüsü ve toprak etkileşimleri sayesinde gelen yağışların kimyasını değiştirir ve besin maddesi konsantrasyonunu düzenleyerek olumlu etkiler oluşturur (Harr ve Fredriksen, 1988).

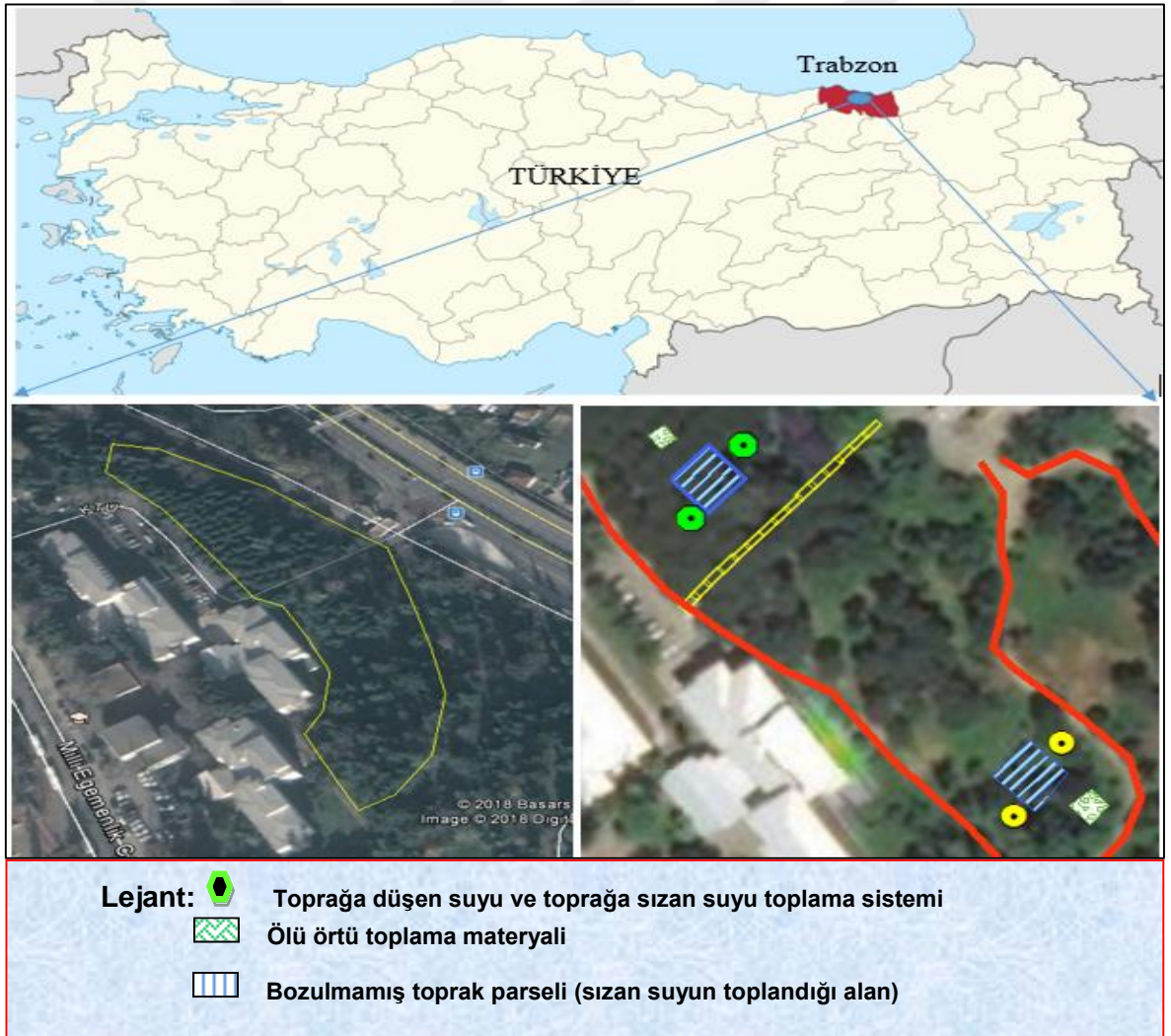
Günümüzde su kaynaklarının miktar ve kalitesinde doğal koşullar, insan faaliyetleri, kentleşme, sanayileşme ve tarım alanlarında kimyasal kullanımı gibi nedenlerden dolayı zamanla büyük değişimler meydana gelmiştir. Bununla birlikte atmosferden taşınma yolu ile hava kirliliğine neden olan kirleticiler özellikle su havzaları ve tarım alanlarına rüzgâr, hava akımı ve yağışla kirliliği artırıcı etkiye neden olmaktadır. Bu değişimler yerüstü ve yeraltı sularında kirlenme ile birlikte birçok doğal afetlere neden olduğundan çeşitli önlemlerin alınmasını gerektirmektedir (Bartram ve Ballance, 1996). Su kirlenmesi, insan etkinlikleri veya kararları sayesinde suyun içerisindeki (sediment miktarının fazlalığı, besin maddesi konsantrasyonlarının gereğinden fazla artması, vb.) olumsuz değişmeyi ifade eder. Hızlı nüfus artışıyla birlikte araziye artan talep ve kaynakların bilinçsizce kullanımı ekosistemlerde bozulmaya neden olmuştur. Nüfus artışı sonucu 300 yıl öncesine kıyasla günümüzde 45 kat daha fazla su kullanılmaktadır. Toplam su tüketimi 1940'ta 1 000 km<sup>3</sup> iken, 1960'ta ikiye katlanarak 2 000 km<sup>3</sup>'e ulaşmış, 1990'da tekrar ikiye katlanarak 4 130 km<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiş, 2000'de ise 5 200 km<sup>3</sup>'e ulaşmıştır (Dündar, 2007). Her ne kadar alansal kaynak kirliliğinin fiziksel ve ekonomik olarak önlenmesi öngörülse de, var olan teknolojinin yetersiz olmasından dolayı bu sorunun tam olarak önüne geçilememiştir. Bununla birlikte, global düzeyde bazı kullanımlar için belirlenen standart maksimum değerler su kalitesinin belirlenmesi açısından önemli bir kaynak olmuştur (Görcelioğlu, 1993).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Arazi Alanının Tanıtımı ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri

Bu çalışma, Trabzon ili Ortahisar ilçesinde bulunan KTÜ Kanuni kampüsü içerisinde tamamlanmıştır. Çalışma alanı ITRF96 DOM 42 3 derecelik projeksiyon sisteminde X:312914 Y:4542350 koordinatlarındadır.

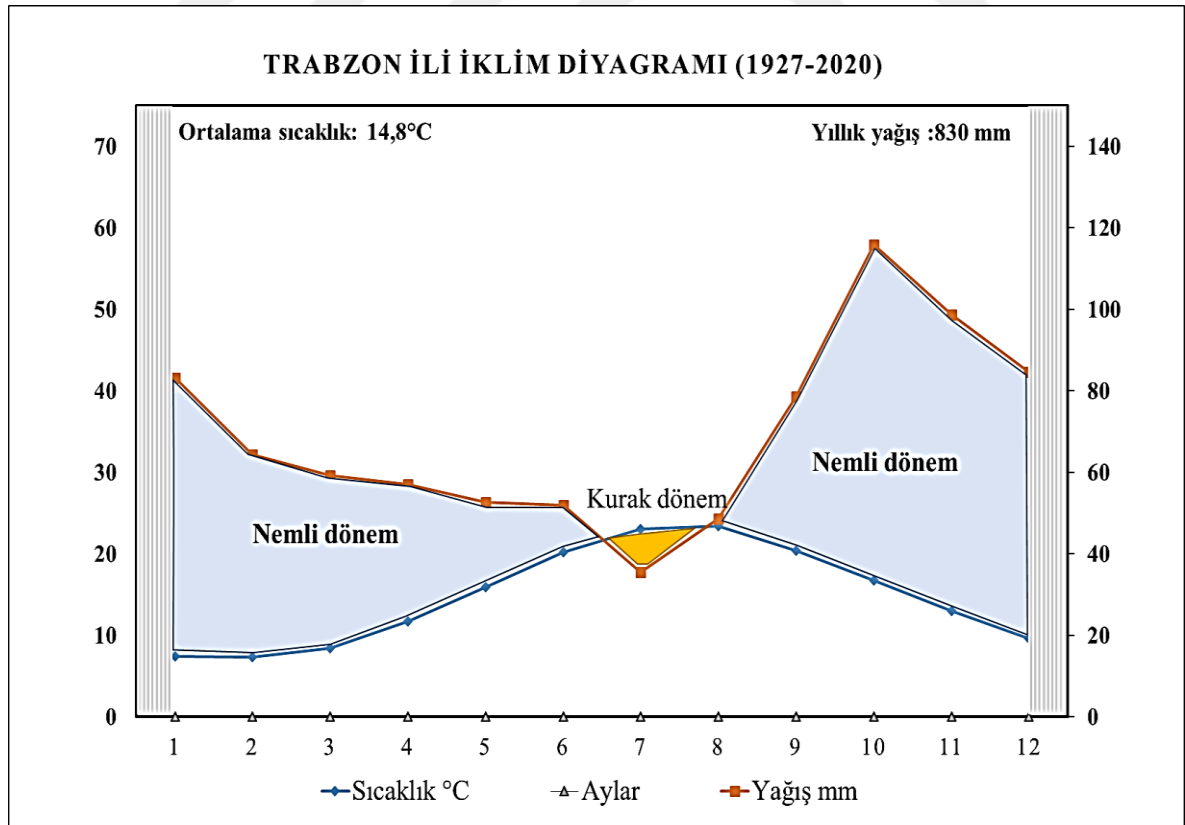


Şekil 1. Çalışma alanını oluşturan KTÜ Kanuni kampüsü bünyesindeki kentsel yeşil alanlar ve deneme alanları

Çalışma alanı yaklaşık 1,13 hektarlık bir alandan oluşmaktadır. Bu alanda ağaç türü olarak Fıstıkçamı (*Pinus Pinea L.*) ağırlıkta olup, münferit olarak Adi Porsuk (*Taxus Baccata L.*) bulunmaktadır. Ortalama arazi yükseltisi 58 metredir ve ortalama %40 eğime sahiptir. Toprak özelliği olarak Kolüvyal toprak tipinde olup el muayenesi ile test edildiğinde ise kumlu balçık türünde olduğu tespit edilmiştir. Çalışılan arazi yapısı, doğal bir yapıya sahip değildir. Arazide bulunan toprak ve ağaçlar farklı bir vejetasyondan getirilmiştir.

Trabzon merkezde bulunan iklim istasyonundan elde edilen verilere göre çalışma alanı için kısa bir iklim analizi yapılmıştır. Walter'e (1975) göre yıl boyunca Temmuz ayı hariç nemli bir periyot gözlenmekte ve su açığı görünmemektedir. Yaz ortasında Temmuz ayında ise çok küçük bir su açığı bulunmaktadır (Şekil 2). Buna ek olarak De Martonne'a göre (1926) çalışma alanı "yarı nemli" ve Thornthwaite'e göre (1948) de "C2 yarı-nemli" iklim tipine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanını kapsayan Trabzon ili Ortahisar ilçesinde aylık ortalama sıcaklık Meteoroloji Genel Müdürlüğüne yaklaşık 14,4 °C ve yıllık yağış 891 mm olarak bildirilmektedir.



Şekil 2. Walter'e (1975) göre Trabzon ili iklim diyagramı

## 2.2. Yöntem

Bir suyun kalitesini tayin eden çok sayıda parametre vardır. Bu çalışmada 10 parametre elemental, 3 parametre diğer analizler olmak üzere toplam 13 parametre su analizi yapılarak elde edilmiştir. 5 örneklem noktasında çalışılmış; bunlardan biri kontrol (açık alan), diğer ikisi Fıstık Çamı ve Taxus örneklem noktalarıdır.

Açık alan örneklem noktasında etrafı açık bir alana yerleştirilen bir adet yağmur toplayıcı ile her ay düzenli olarak alınan veriler analiz edilmiştir. Fıstık Çamı ve Adi Porsuk örneklem noktasında ayrı ayrı olmak üzere iki çalışma yapılmıştır. Bunlar meşcere altında bulunan yağmur toplayıcıları ve toprak altına yerleştirilen filtre ile topraktan elde edilen su ile 13 parametrede analizi yapılmıştır.

5 örneklem noktasından yıl boyunca her ay düzenli olarak alınan 13 parametre değeri laboratuvar ortamında incelenmiş ve kayıt altına alınmıştır. İncelenen parametre değerleri: Nitrat(NO<sub>3</sub>), Klor(Cl), Sülfat(SO<sub>4</sub>), Fosfat(PO<sub>4</sub>), Kalsiyum(Ca), Magnezyum(Mg), Potasyum(K), Demir(Fe), Sodyum(Na) ve Amonyum(NH<sub>4</sub>) elemental olarak incelenmiştir. PH, EC ve TDS değerleri de diğer analizler altında incelenmiş, kayıt altına alınmıştır.

### 2.2.1. Yaklaşım Tarzı

Çalışma alanına gelen yağışın herhangi bir fiziki engele çarpmamış halinin kalite özellikleri ile bitki örtüsüne çarptıktan sonra ve toprağa girdikten sonraki kalite özelliklerinde nasıl bir değişim izlediğinin tespiti çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

### 2.2.2. Arazi Çalışması

Proje kapsamında Trabzon ili, Ortahisar ilçesinde bulunan KTU Kanuni Kampüs sınırları içerisinde belirlenen 1,13 hektarlık alan içerisindeki Fıstıkçamı, Adi Porsuk deneme alanlarına ve açıklık özelliğine sahip alanlara su toplama mekanizmaları kurulmuştur. Sistem kurulma aşamasından önce bölge incelenerek sistem için en uygun olan alan tespit edilmiştir.

Genel olarak bu çalışma, kampüs içerisinde 2 farklı yerde yapılması planlanmış ve kurulmuştur. Fıstık çamı ve adi porsuk olmak üzere toplam 2 adet 100 m<sup>2</sup> (10m x 10m)'lik

alanlardan vejetasyona çarpıp düşen yağmur suyu ve toprağa sızdıktan sonra akışa geçen sular toplanmıştır. Her bir alan için birer tane yüzey altı akış parseli tesis edilmiştir (Şekil 4-5). Eşdeğer eğimlere yerleştirilen parsellerin uç kısmına düşen yağmur suyuyla beraber toprağa sızan suyu ve içerisindeki sedimenti toplamak için depolama tankları yerleştirilmiştir. Bu tanklara biriken sediment içeren su, hava şartlarının durumuna göre ortalama ayda bir kontrol edilmiştir. Yıl içerisinde yağışın fazla olduğu dönemlerde kontrol edilme sıklığı iki haftada bir kadar düşerek kontrolü yapılmıştır. Ortalama ayda bir alınan veriler laboratuvar ortamında incelenmiş ve analiz edilmiştir.



Şekil 3. Açık alana kurulan (kontrol) su toplama düzeneği



Şekil 4. Adi porsuk deneme alanı meşcere altı akış toplama düzeneği



Şekil 5. Adi porsuk deneme alanı yüzey altı akış toplama düzeneği



Şekil 6. Fıstık çamı deneme alanı meşçere altı akış toplama düzeneği



Şekil 7. Fıstık çamı deneme alanı yüzey altı akış toplama düzeneği

### 2.2.3. Laboratuvar Çalışması

Araziden toplanan su örnekleri, analize kadar geçen süreçte +4°C sıcaklıktaki buzdolabında muhafaza edilmiştir. Örnekler 2 tekrarlı olacak şekilde numune kaplarına alınarak ve laboratuvar ortamında pH, toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve elektriksel iletkenliği (EC) doğrudan belirlenmiştir. EC ve TDS değerleri ise adwa-AD31 marka elektronik cihaz kullanılarak tespit edilmiştir. pH ise dijital pH metre kullanılarak (Hach Company, USA) belirlenmiştir.

Örneklere ait Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Fe<sup>3+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyon içerikleri ölçümleri PortablecolorimeterpHotoFlex® STD cihazıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Analizler ölçüm şişelerine doldurulup, cihaza yerleştirildikten sonra parametreye ait kod girilerek örneğe ait okumalar gerçekleştirilmektedir. Ölçülen parametrelerin değişim aralığı aşağıda gösterilmiştir.

NO<sub>3</sub>: 0.2-30 mg/l Cl: 10-190mg/l SO<sub>4</sub>: 25-250mg/l Ca: 10-160mg/l

Mg: 5-75mg/l K: 30-300mg/l Fe: 0.05-3mg/l Na: 10-300mg/l

PO<sub>4</sub>: 0.06-3.50mg/l NH<sub>4</sub>: 0.02-1.50 mg/l



Şekil 8. Ölçümlerin gerçekleştirildiği: PortablecolorimeterpHotoFlex® STD cihazı

#### 2.2.4.Ölçülen Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışma, KTU Kanuni Kampüsündeki kentsel yeşil ekosistemlerinde önemli bir yere sahip olan Fıstık Çamı (*Pinus Pinea L.*) ve Adi Porsuk (*Taxus Baccata L.*) meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Ekolojik dengenin korunmasında önemli bir bileşen olan “su kalite parametreleri” ölçülmüştür. Bu değerler yersel ölçüm metotları ile yüksek doğrulukta tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, zamana bağlı olarak ölçülen parametrelerin nasıl değişkenlik gösterdiği, ölçülen değişkenler arasında ilişki olup olmadığını tespit etmek ve uygun regresyon modelleri geliştirmek amaçlanmıştır. Geliştirilen modellerin standart hatası ve  $R^2$ 'leri hesaplanmıştır. Bahsedilen işlemler KTÜ Orman Fakültesi envanterinde bulunan IBM SPSS Statistics 20,0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Ölçülen Su Kalite Parametrelerinin Aylık Değişimi

Tablo 1’de gösterilen veriler 5 örneklem noktasında yapılan 12 aylık değerlerden oluşmaktadır. Tabloya göre en düşük kalsiyum değeri 0,52 mg/lt iken en yüksek kalsiyum değeri 0,96 mg/lt olarak elde edilmiştir. Ortalama kalsiyum değeri 0,6428 mg/lt iken standart sapma değeri 0,08464 olarak hesaplanmıştır. En düşük demir değeri 0,33 mg/lt olarak ölçülmüşken en yüksek demir değeri 0,62 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ortalama demir değeri 0,4149, standart sapma değeri 0,06128 ise olarak hesaplanmıştır. Potasyum değerleri incelendiğinde en düşük 34 mg/lt değeri elde edilirken 72,7 mg/lt değeri en yüksek potasyum değeri olarak elde edilmiştir. Ortalama potasyum değeri 43,3083 mg/lt, standart sapma ise 4,68508 mg/lt olarak elde edilmiştir. Magnezyum değerleri incelendiğinde elde edilen 44,8 mg/lt en düşük iken buna karşılık elde edilen 72,7 mg/lt en yüksek magnezyum değeri olmuştur. Ortalama magnezyum 54,2708 mg/lt, standart sapma değeri ise 5,28410 mg/lt olarak elde edilmiştir. Klor değerleri incelendiğinde 23 mg/lt ile en düşük değere sahipken 40,5 mg/lt değeri en yüksek değer olmuştur. Ortalama 27,4583 mg/lt, standart sapma değeri 3,45711 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Sodyum için bulunan en düşük değer 1,45 mg/lt iken en yüksek değer 352 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ortalama sodyum değeri 71,7792 mg/lt, standart sapma değeri 106,54641 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Amonyum için elde edilen değerlerden en düşük olanı 0,11 mg/lt, en yüksek olanı 0,23 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ortalama amonyum değeri 0,1592 mg/lt, standart sapma ise 0,02654 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Nitrat için ölçülen en düşük değer 4,18 mg/lt, en yüksek değer 11,60 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ortalama nitrat değeri 6,8763, standart sapma ise 1,60893 olarak hesaplanmıştır. Fosfat için yapılan ölçümlerde en düşük değer 0,13 mg/lt, en yüksek değer 2,75 olarak kaydedilmiştir. Ortalama fosfat değeri 0,7064 mg/lt, standart sapma ise 0,62071 olarak hesaplanmıştır. En düşük sülfat değeri 28 mg/lt iken en yüksek sülfat değeri 48 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ortalama sülfat değeri 34,2250 mg/lt iken standart sapma 3,56112 mg/lt olarak hesaplanmıştır. En düşük pH değeri 4,98 mg/lt iken buna karşılık elde edilen en yüksek pH değeri 8,23 mg/lt olmuştur. Ortalama pH değeri 5,9190 mg/lt iken standart sapma 0,47328 mg/lt olarak ölçülmüştür. En düşük TDS değeri 3 mg/lt iken buna karşılık elde edilen en yüksek TDS değeri 352 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ortalama TDS değeri 118,1833

iken standart sapma değeri 104,78752 olarak ölçülmüştür. Elektriksel İletkenlik seviyesinde en düşük ölçülen değer 6 mg/lit iken en yüksek değer 703 mg/lit olarak ölçülmüştür. Ortalama Elektriksel İletkenlik değeri 5,9190 mg/lit, standart sapma değeri ise 0,47328 mg/lit olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Tüm noktalarda 12 ay boyunca ölçülen su kalitesi parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri

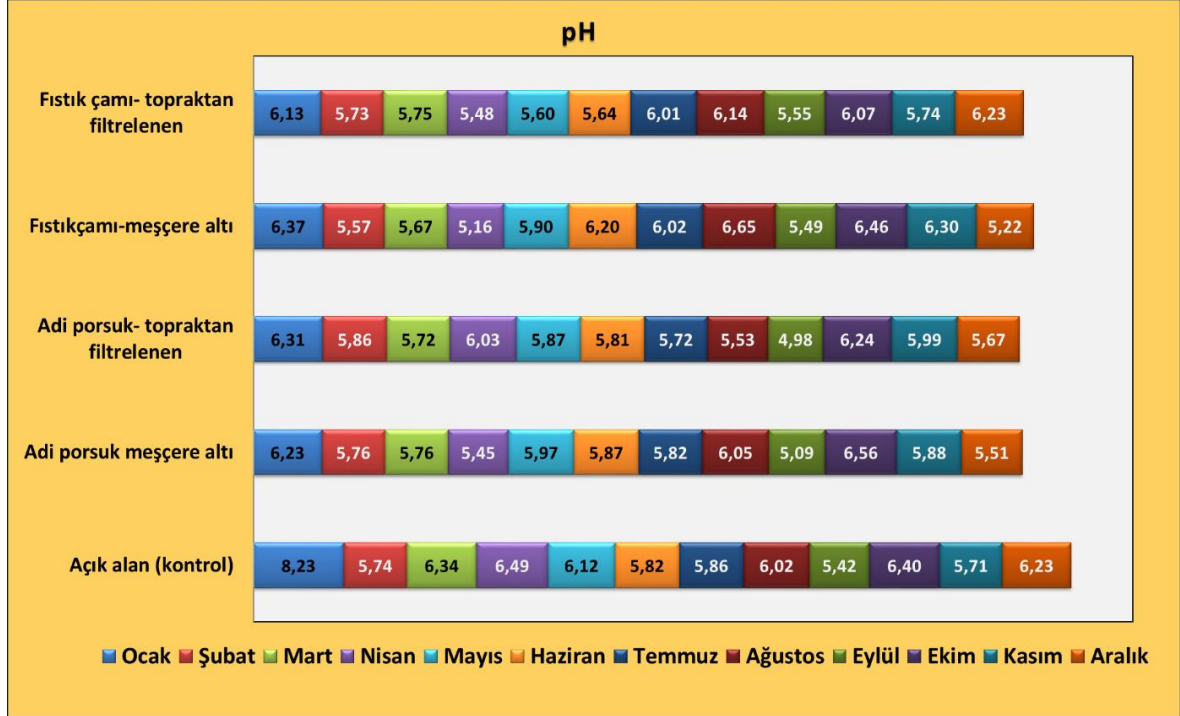
Parametreler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Ca	60	0,52	0,96	0,6428	0,08464
Fe	60	0,33	0,62	0,4149	0,06128
K	60	34,00	54,50	43,3083	4,68508
Mg	60	44,80	72,70	54,2708	5,28410
Cl	60	23,00	40,50	27,4583	3,45711
Na	60	1,45	352,00	71,7792	106,54641
NH4	60	0,11	0,23	0,1592	0,02654
NO3	60	4,18	11,60	6,8763	1,60893
PO4	60	0,13	2,75	0,7064	0,62071
SO4	60	28,00	48,00	34,2250	3,56112
PH	60	4,98	8,23	5,9190	0,47328
TDS	60	3,00	352,00	118,1833	104,78752
EC	60	6,00	703,00	237,2447	212,13734
Valid N (listwise)	60				

Bu çalışmada, su toplama noktalarının, gelen yağışın kalitatif özelliklerine ortalama ve kümülatif etkisini aylık düzeyde detaylı olarak değerlendirebilmek için aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.

### 3.1.1. pH

Örnekleme noktalarındaki ölçülen pH miktarı, aylık olarak Şekil 9' da verilmiştir. Yapılan analizler sonucu pH değerinin sadece ocak ayı içerisinde açık alanda bulunan su toplayıcıdaki değerinin bazik olduğu, diğer aylarda yapılan ölçümlerde tüm değerlerinin asidik olduğu gözlenmiştir. Ocak ayı içerisinde Adi Porsuk ve Fıstık Çamı örneklem noktalarında yapılan ölçümlerde pH değeri asidik çıkmıştır. Toprakta sızan ve meşcere

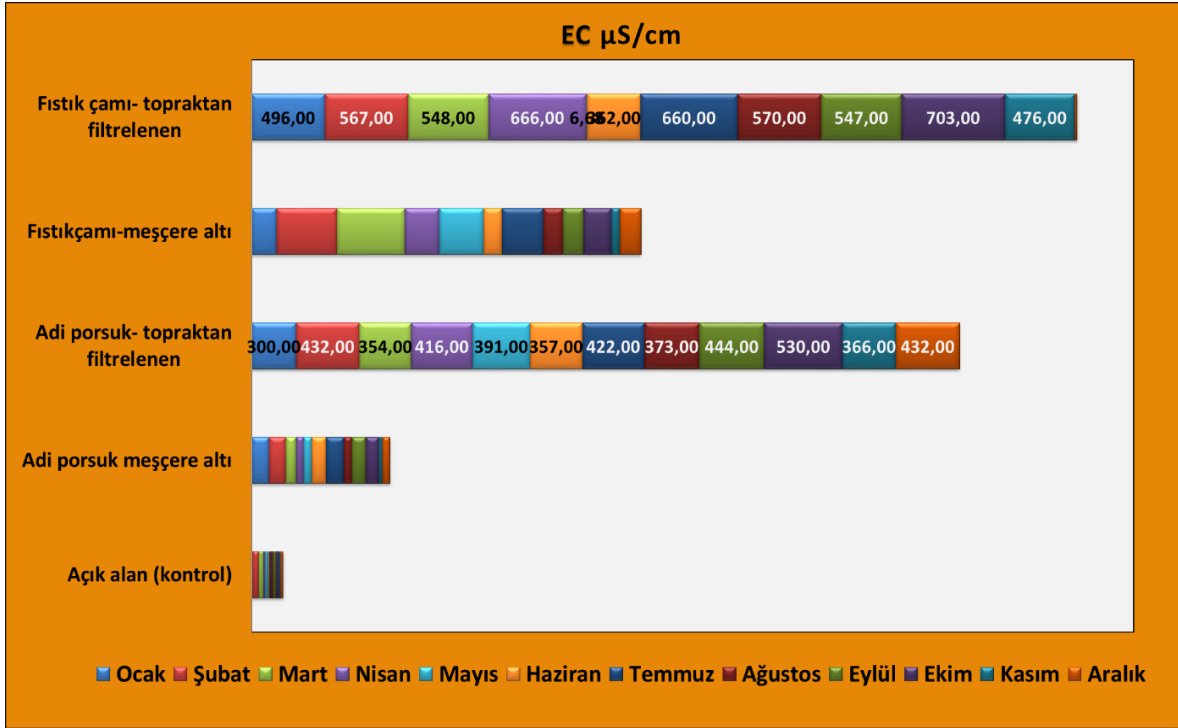
çatısından düşen suyun pH değerlerinin açık alanda bulunan suyun değerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Parametre değerlerinin grafiksel incelemelerinde iki örneklem ve açık alan kontrol noktasındaki en düşük değeri eylül ayında aldığı görülmüştür.



Şekil 9. pH miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

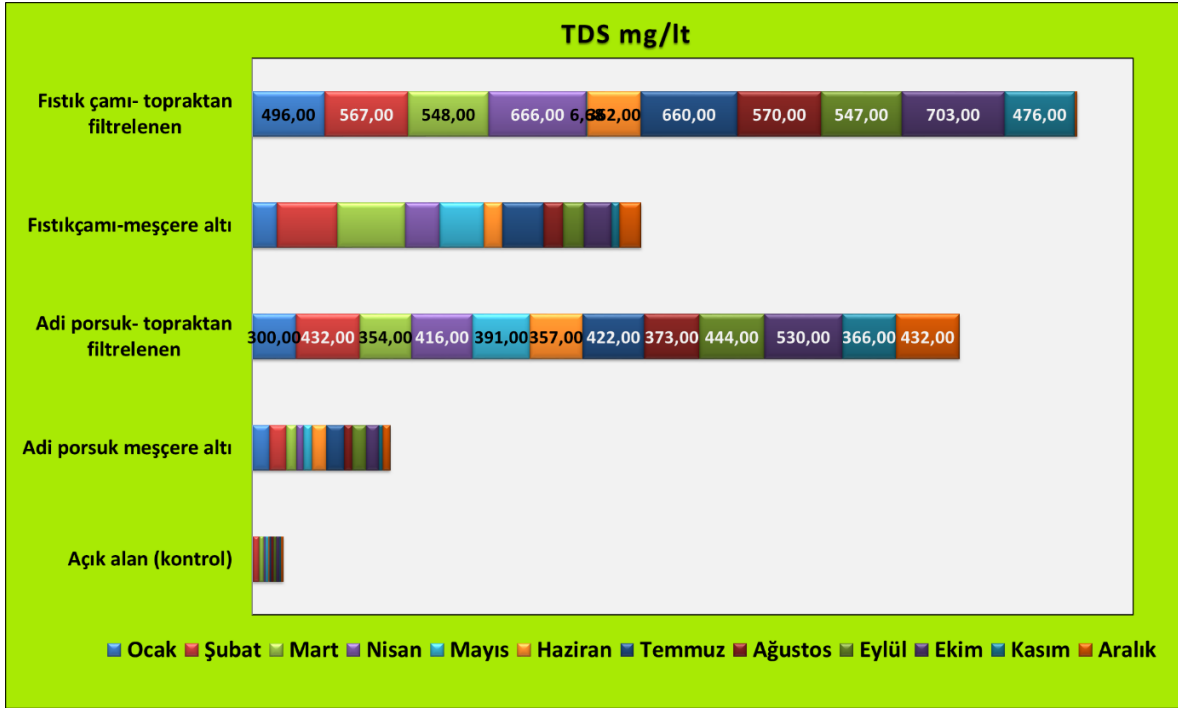
Elektriksel iletkenlik dış ortamdan gelen müdahalelere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Şekil 10 örneklem noktalarında yapılan incelemeler neticesinde Adi porsuk ve Fıstıkçamı türlerinin meşçere çatısına çarpıp toprağa düşen daha sonra topraktan filtrelenen yağış sularının elektriksel iletkenlik değerlerinin diğer örneklem noktalarındaki değerlerinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum çözünmüş iyonların daha fazla olduğunu işaret etmektedir. Yıl boyunca aylık değerlendirilen ölçümlerde açık alan yağış değerinin elektriksel iletkenliği, diğer örneklem noktalarından düşük çıkmıştır.



Şekil 10. EC miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.3. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)

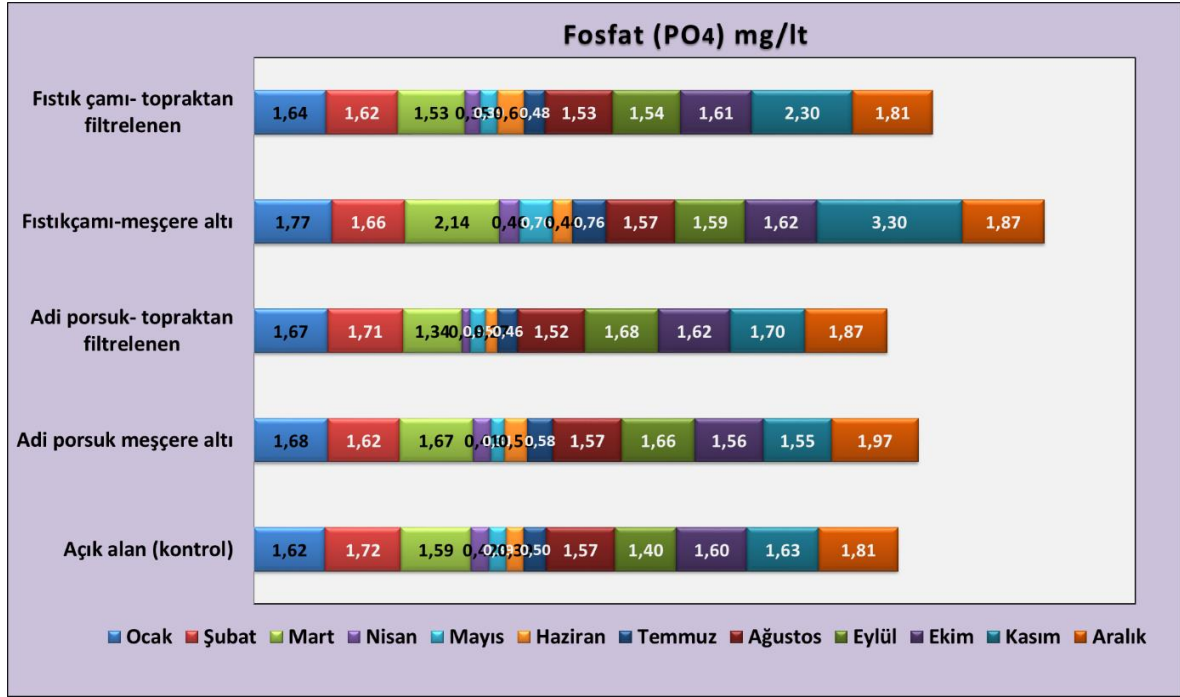
Örneklem noktalarında ölçülen TDS miktarı, aylık olarak Şekil 11’ de verilmiştir. Buna göre, 12 ay boyunca ve kümülatif olarak açık alana düşen suda ölçülen TDS miktarı diğer noktalardakilerden daha az bulunmuştur. Bu da açık alana düşen yağışın saflığının göstergesi olmuştur. Fıstık çamı meşçeresinde meşçere çatısına çarpan ve oradan da toprak yüzeyine gelen, toprağın içine sızan suyun toplam çözünmüş madde içeriği gerek aylık bazda 12 ay boyunca gerekse de kümülatif olarak en yüksek bulunmuştur. Bunun takiben Adi porsuk meşçeresindeki topraktan filtre edilen suyun içeriği TDS açısından yıl boyunca oldukça zengin değerler almıştır. Meşçere çatısına çarpan ve toprak yüzeyine düşmeden önce toplanan sulardaki TDS içeriği açısından ise Fıstıkçamı türü yıl boyunca ve kümülatif olarak Adi porsuk türüne göre daha fazla değerler almıştır.



Şekil 11. TDS miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

#### 3.1.4. Fosfat (PO<sub>4</sub>)

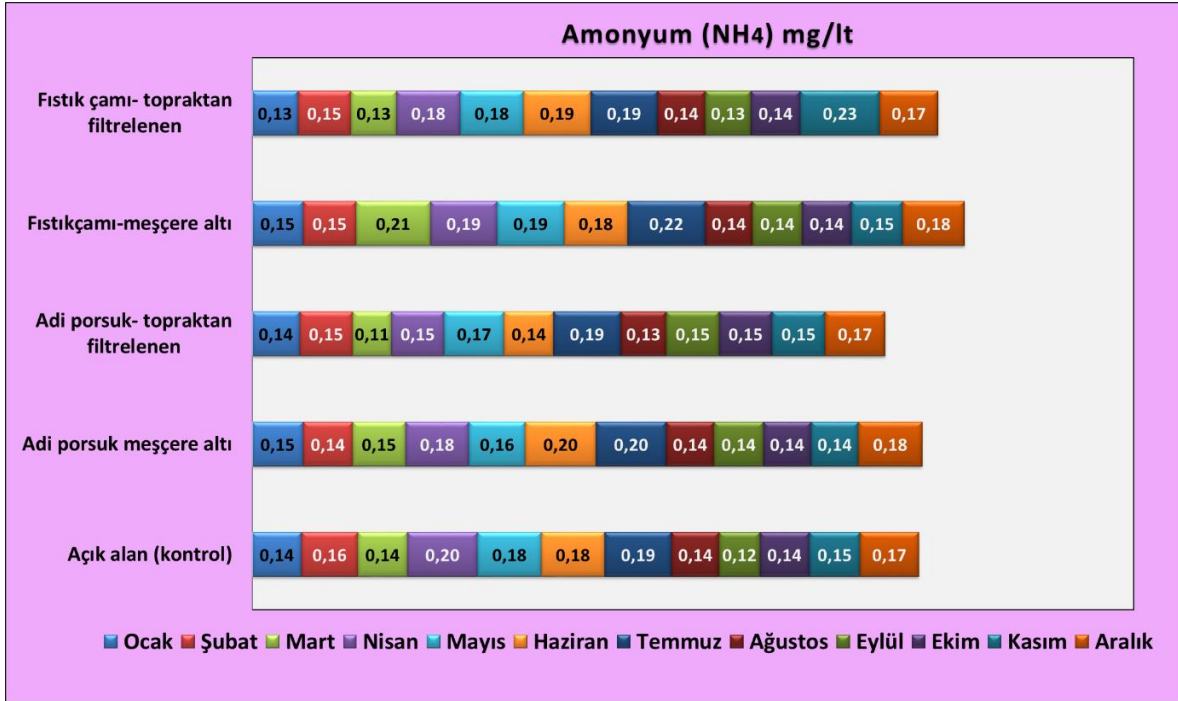
Fosfat su kalitesinde yüksek olması istenmeyen bir değerdir. Yüksek fosfat değeri suyun kalitesinin bozuk, tatsız olduğuna işaret eder. Şekil 12’de bulunan veriler incelendiğinde kasım ayının Fıstıkçanı Meşçere Altı değerinin en yüksek fosfat değerine sahip olduğunu görülmektedir. Adı Porsuk ile Fıstıkçanı değerleri nisan ayında en düşük değere sahiptir. Nisan, mayıs, haziran ve temmuz aylarındaki fosfat miktarı, diğer aylarda ve diğer örneklem noktalarından daha az olduğu görülmüştür. Açık alan yağış suyu miktarında fosfat miktarı en yüksek aralık ayında ölçülmüştür. En düşük değer ise mayıs ve haziran ayında kaydedilmiştir.



Şekil 12. Fosfat miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.5. Amonyum (NH<sub>4</sub>)

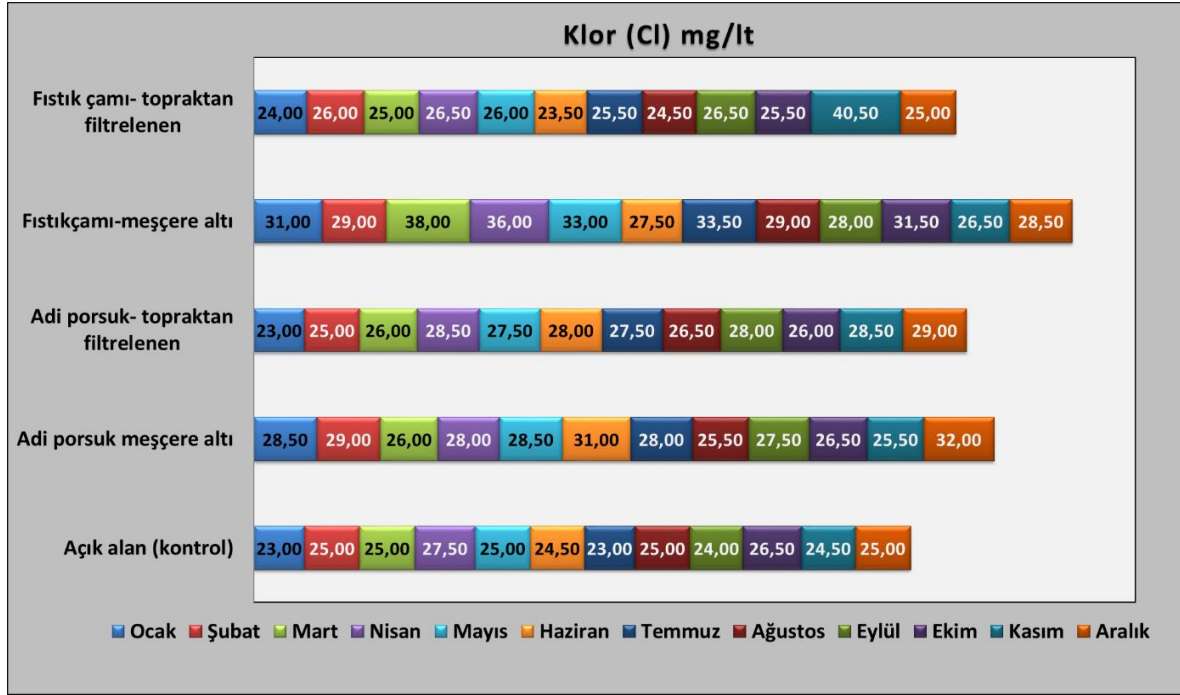
Amonyum değerleri incelendiğinde örneklem noktaları üzerinde en yüksek değer Kasım ayında fıstıkçamı topraktan filtrelenen noktasında elde edilmiştir (Şekil 13). Bu değerler bize yıl bazında Temmuz ayının daha yağışlı geçtiği bilgisini verebilmektedir. Ocak, Mart ve Ekim aylarında yapılan ölçümlerde amonyum miktarı en azdır. Fıstıkçamı meşçere altı değerleri içerisinde en yüksek amonyuma Temmuz ayında sahip iken, en düşük değer Ağustos ve Eylül ayında ölçülmüştür. Açık alan değerleri içerisinde en yüksek amonyum değeri Nisan ayında ölçülürken en düşük değer ise Ocak, Mart ve Ağustos ayında ölçülmüştür.



Şekil 13. Amonyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.6. Klor (Cl)

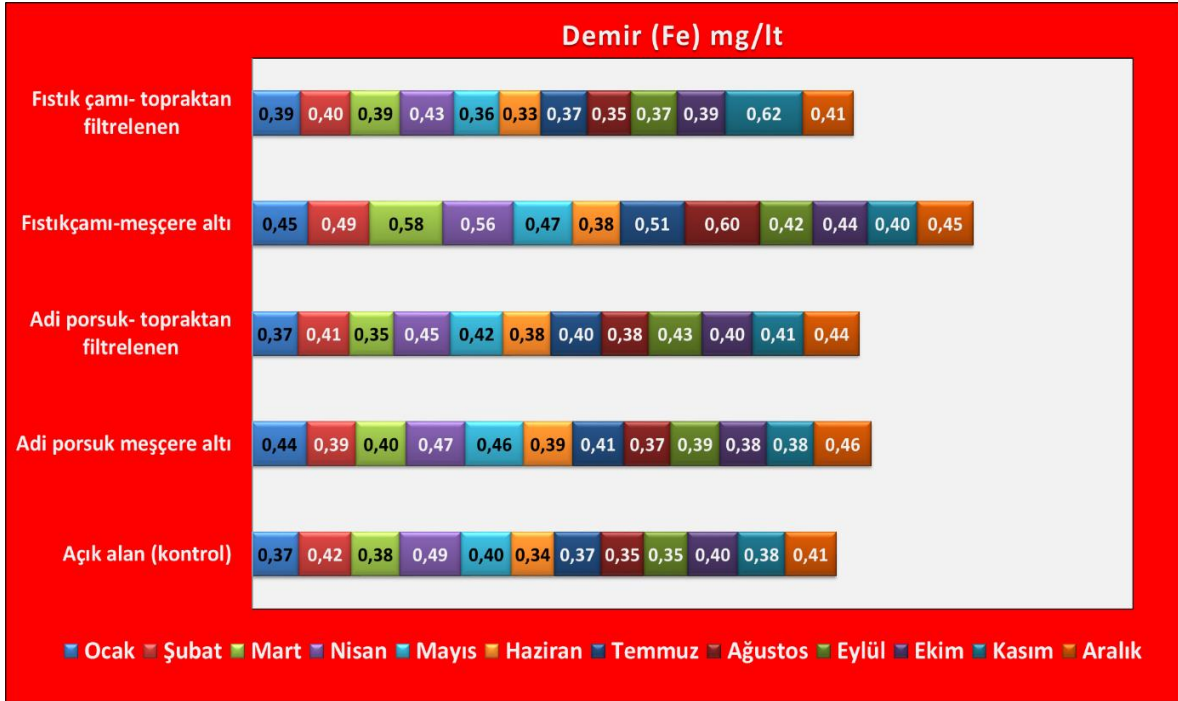
Uluslararası içme suyu standart değeri olan 250 mg/lit değerinden daha düşük değerler elde edilen bu çalışmada klor bakımından su kalitesinin kabul edilebilir bir değer taşıdığı görülmüştür (WHO, 2004). Şekil 14’de gösterilen açık alan kontrol noktasında yağmur suyu klor değerinin diğer örneklem noktalarından düşük olduğu, adi porsuk ve fıstıkçamı vejetasyonuna çarpan ve toprağa karışan yağmur suyunun bitki vejetasyonlarının biyolojik yapılarındaki değerlerinden dolayı yüksek çıkmıştır. En yüksek klor değeri fıstıkçamı topraktan filtrelenen örneklem noktasında kasım ayı içerisinde ölçülmüştür. Açık alan örneklem noktasında klor miktarı temmuz ayında en düşükken, en yüksek klor miktarı nisan ayında ölçülmüştür.



Şekil 14. Klor miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.7. Demir (Fe)

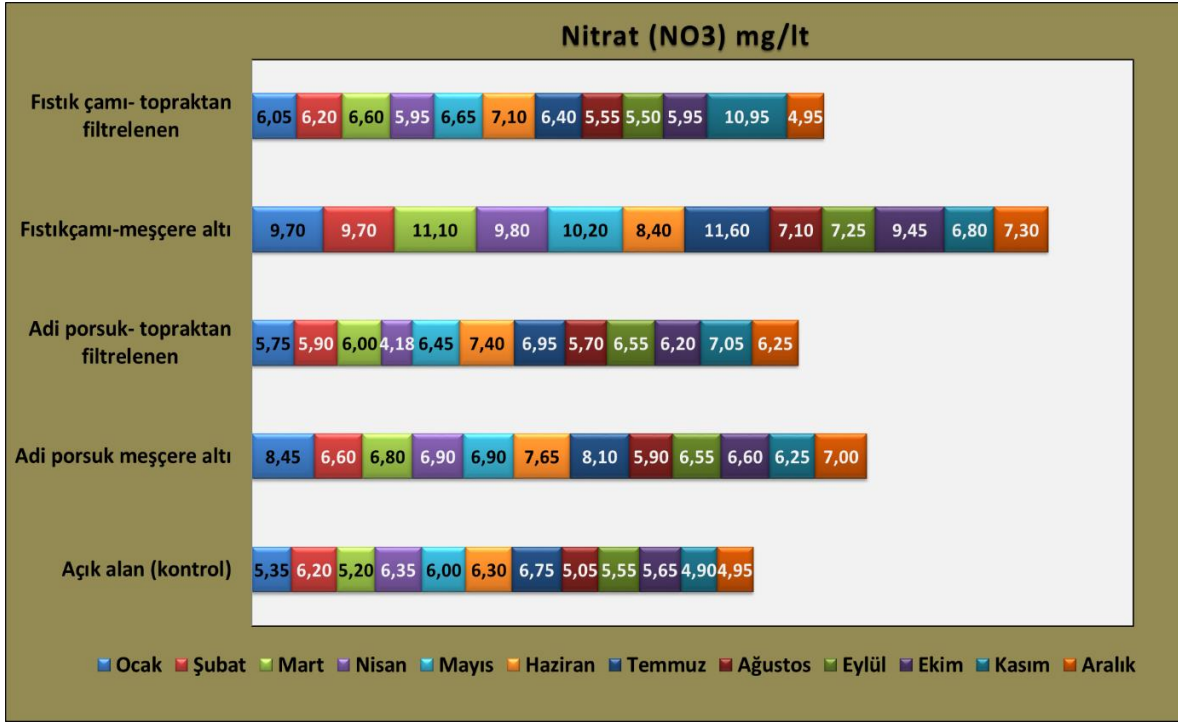
Yıl boyunca aylık demir değerleri incelendiğinde fıstıkçami meşçere altı örneklem noktasında elde edilen değerlerin diğer örneklem değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapılan ölçümlerde demir miktarının fıstıkçami topraktan filtrelenen örneklem noktasında en yüksek değere kasım ayında ulaştığı görülmüştür. Örneklem noktaları içerisinde en düşük değer haziran ayında kaydedilmiştir (Şekil 15). Demir'in 0,3 mg/lit değerinden yüksek değerlerde belirgin bir tat bıraktığı bilinmektedir. Bulunan değerlerin 2 mg/lit nin altında bulunması insan sağlığı açısından herhangi bir tehdit oluşturmadığını göstermektedir (WHO, 2004). İçme suyu kalite standartlarına uygun Demir değerlerinin bulunduğu görülmüştür.



Şekil 15. Demir miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.8. Nitrat (NO<sub>3</sub>)

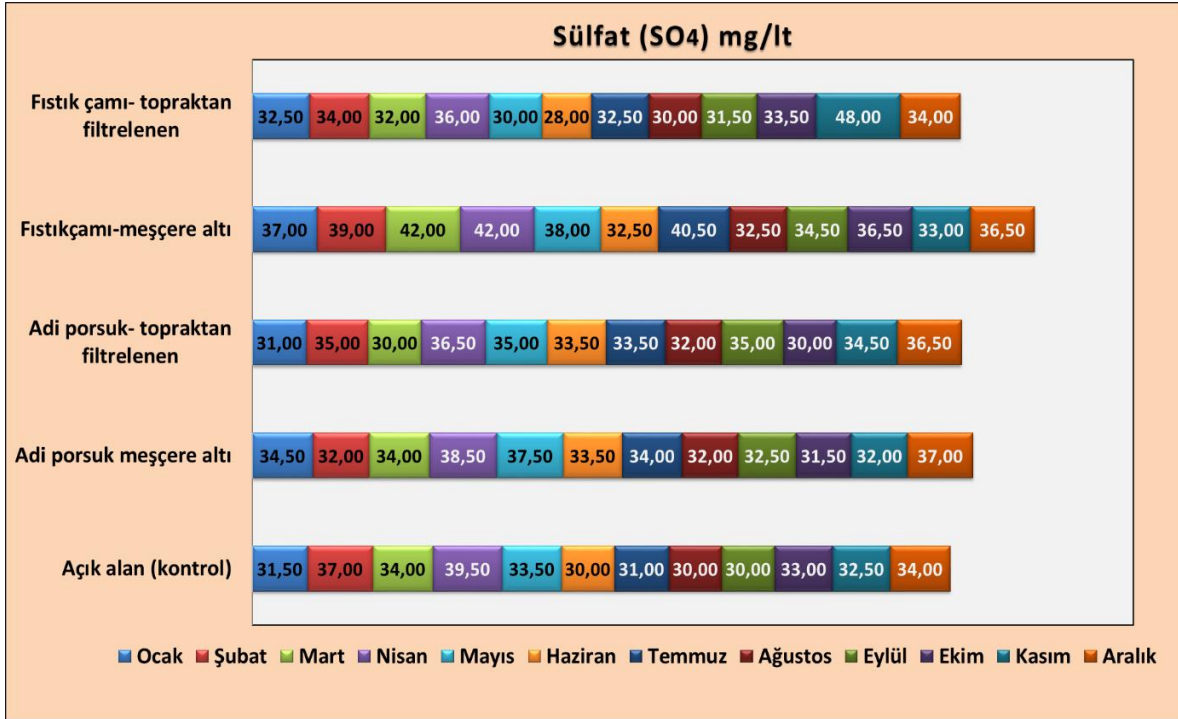
Şekil 16’da nitrat değerinin aylık olarak en düşük olduğu örneklem noktasının açık alan olduğu görülmektedir. En düşük nitrat değeri nisan ayında adi porsuk meşçere altı değerinde ölçülmüştür. Yağışın nitrat değerini arttırdığı bilinmektedir. Kurak geçen aylarda nitrat değeri düşüktür. Orman örtüsünün az olduğu ve açıklık alanlarda bulunan sularda nitrat değeri düşüktür. Kapalılık nitratlaşmayı artırır. Meşçere altı değerler incelendiğinde nitrat değerlerinin toprak altı seviyelerinden yüksek olması vejetasyonda bulunan türlerin nitrat bağlayıcılığı ile ilişkilendirilebilir. Örneklem noktalarındaki nitrat değerleri içme suyu kalitesi bakımından 50 mg/lit sınırından düşük olduğu için içilebilir su kabul edilebilir(WHO,TSE). Bebekler için kabul edilen 10 mg/lit değeri ise her ay için sağlanamamıştır. (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011).



Şekil 16. Nitrat miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.9. Sülfat (SO<sub>4</sub>)

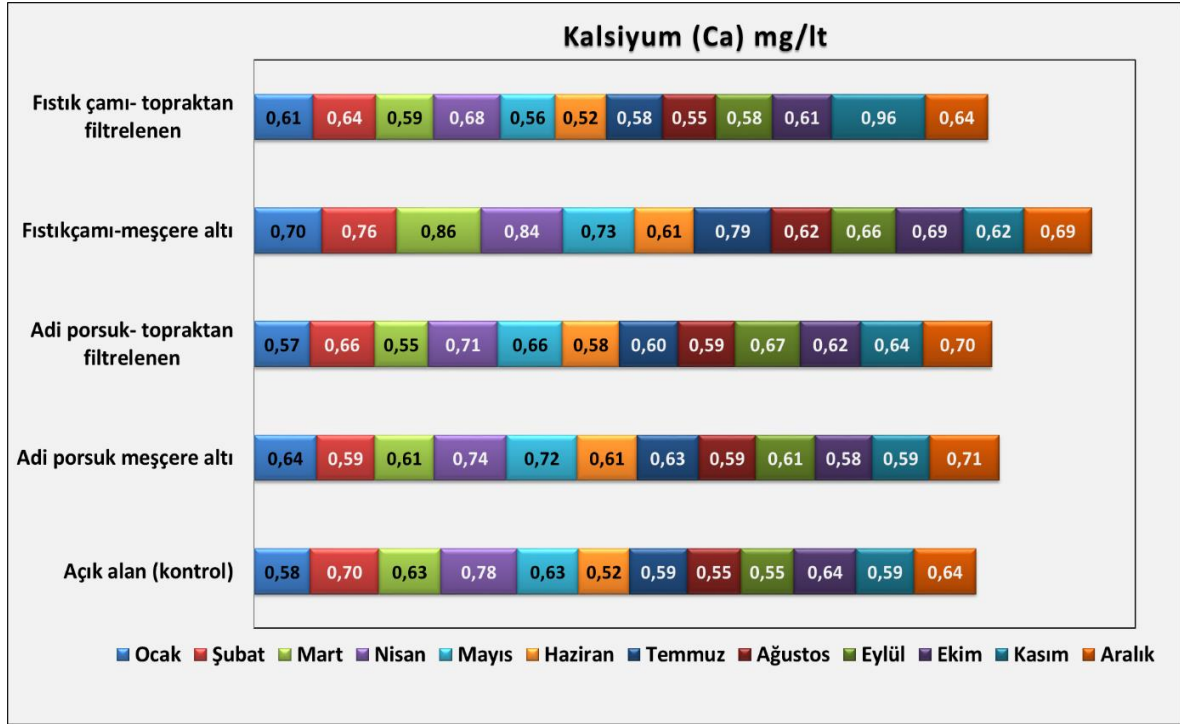
Ölçümlerde en yüksek sülfat değeri fıstıkçamı topraktan filtrelenen örneklem noktasında kasım ayında ölçülmüştür. Açık alan örneklem noktasında en yüksek sülfat değeri nisan ayında ölçülürken en düşük sülfat değeri ağustos ve eylül ayında elde edilmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Sülfat miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.10. Kalsiyum (Ca)

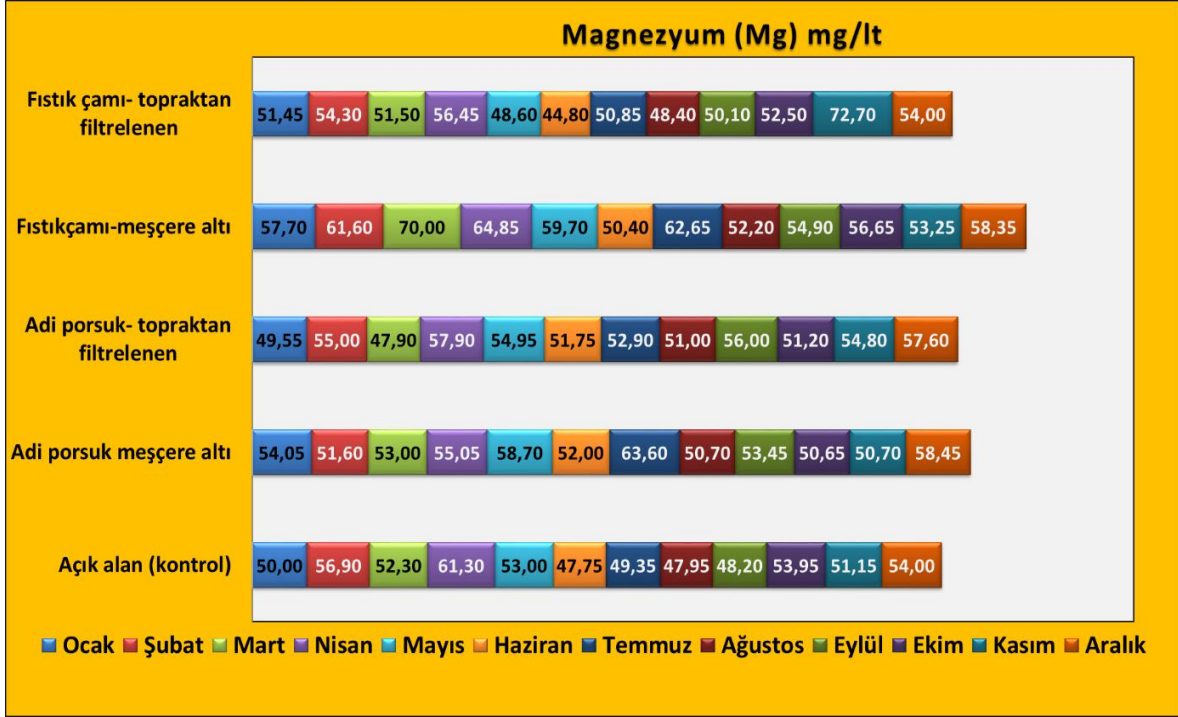
Kalsiyum, suyun geçtiği toprak yapısına bağlı olarak irdelendiğinde fıstıkçamının topraktan filtrelenen değerlerinin açık alana oranla yüksek olması fıstıkçamı türünün kalsiyum bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Aralık ayında yapılan ölçümlerde açık alan ve fıstıkçamı topraktan filtrelenen değerlerinin kalsiyum değerlerinin eşit miktardayken, kasım ayı içerisinde fıstıkçamı topraktan filtrelenen değerinin diğer örneklem noktalarından daha yüksek kalsiyum değeri içerdiği görülmüştür(Şekil 18). Elde edilen aylık kalsiyum değerlerinin 75 mg/lit değerinin altında olduğu görülmüş, su kalitesi açısından kalsiyum değerlerinin sakıncası bulunmadığı görülmüştür(Taş, 2006).



Şekil 18. Kalsiyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.11. Magnezyum (Mg)

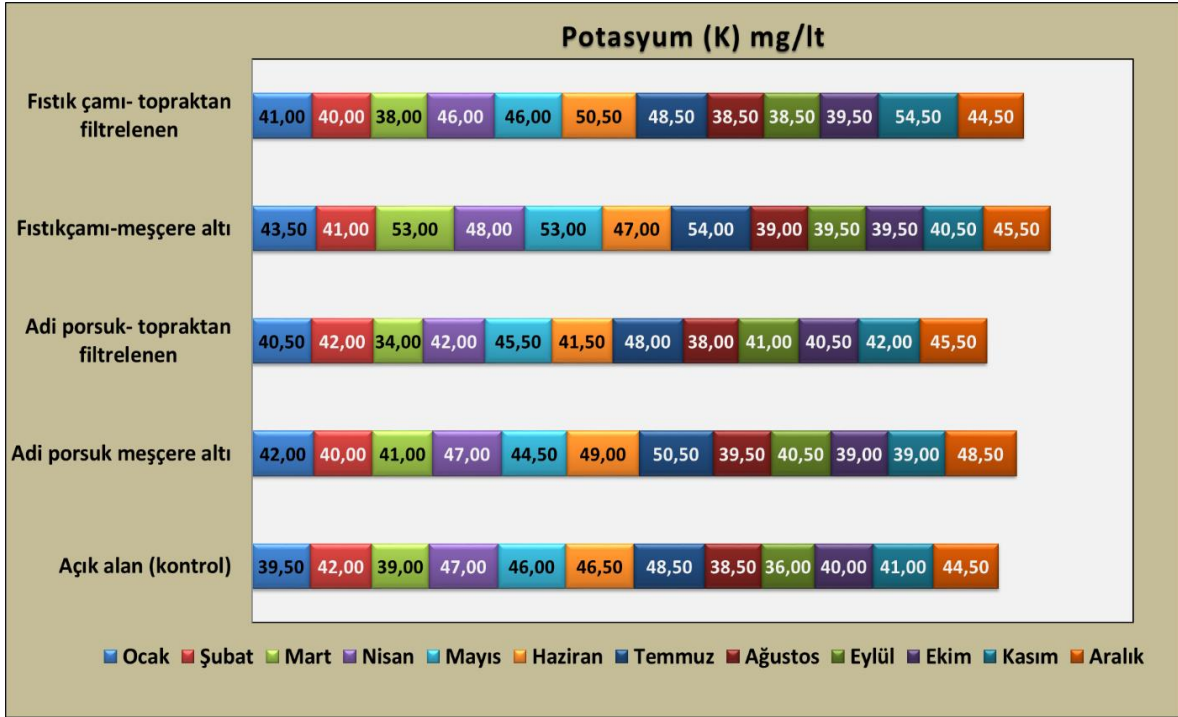
Magnezyum, suyun sertliği tayininde kullanılan parametrelerden biridir. İçme suyu kalitesi tayininde 50 mg/lit değeri baz alınır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011). Bu değer oransallığında elde ettiğimiz magnezyum değerlerinde suyun acımsı bir tada sahip olduğunu işaret etmektedir. 60 mg/lit değerini geçen aylarda suyun yapısı sert su olarak değerlendirilir (Taş, 2006). Açık alan örneklem noktasında en yüksek değer nisan ayında ölçülmüştür. En yüksek magnezyum değeri kasım ayında ölçülürken en düşük magnezyum değeri ise haziran ayında ölçülmüştür (Şekil 19).



Şekil 19. Magnezyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.12. Potasyum (K)

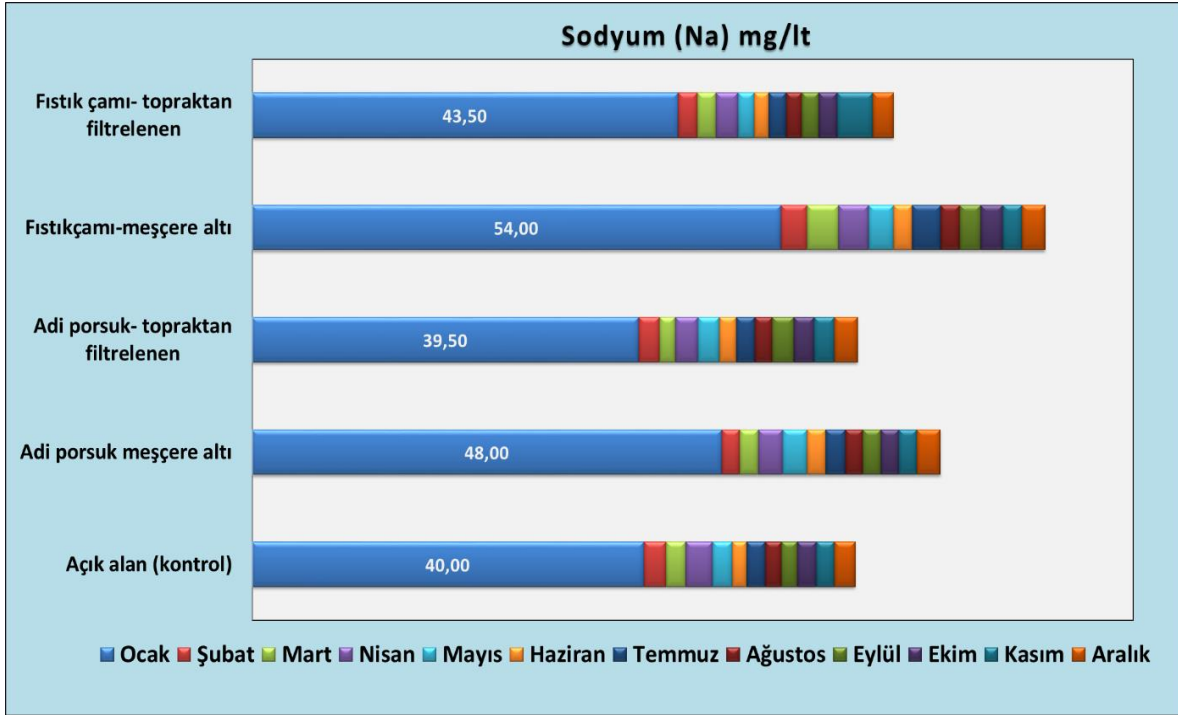
Potasyumun suda bulunabilecek maksimum 12 mg/lt değeri göz önüne alındığında örneklem noktalarında elde edilen değerlerin su kalitesi bakımından uygun olmadığı, yüksek değerlerde olduğu görülmüştür (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, 2011). Potasyum miktarı ölçümünde en yüksek değer fıstıkçami topraktan filtrelenen örneklem noktasında elde edilmiştir. En yüksek potasyum değeri temmuz ayında fıstıkçami meşçere altı örneklem noktasında elde edilmiştir (Şekil 20). Potasyumun yağın yağmur sonrası arttığı yapılan araştırmalarda elde edilmiştir. Örneklem noktalarında elde edilen veriler neticesinde en yüksek potasyum değeri temmuz ayı içerisinde elde edilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak temmuz ayının örneklem noktalarımız üzerinde yağışlı geçtiğini söyleyebiliriz.



Şekil 20. Potasyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.1.13. Sodyum (Na)

Örnekleme noktalarındaki ölçülen Sodyum (Na) miktarı Şekil 21’de verilmiştir. Buna göre 12 ay süre içinde Na miktarı Ocak ayında en fazla orana sahip olmuştur. Bu ayda en düşük değeri alan ölçüm noktası Adi porsuk türünde topraktan filtrelenen su numunelerinde olmuştur. En yüksek değer de Fıstık çamı meşçere altı yağış sularında tespit edilmiştir. Bununla birlikte tüm noktalarda, bu oran diğer 11 ayda gelen miktarın 2 katından daha fazla bir değere sahip olmuştur. Yine tüm noktalarda Ocak ayı hariç tüm aylarda değerler birbirine yakın bir oluşum sergilemiştir. Bu sonuçlarla birlikte Ocak ayı yağışlarının toprağın Na içeriğini önemli ölçüde manipüle ettiği söylenebilir.



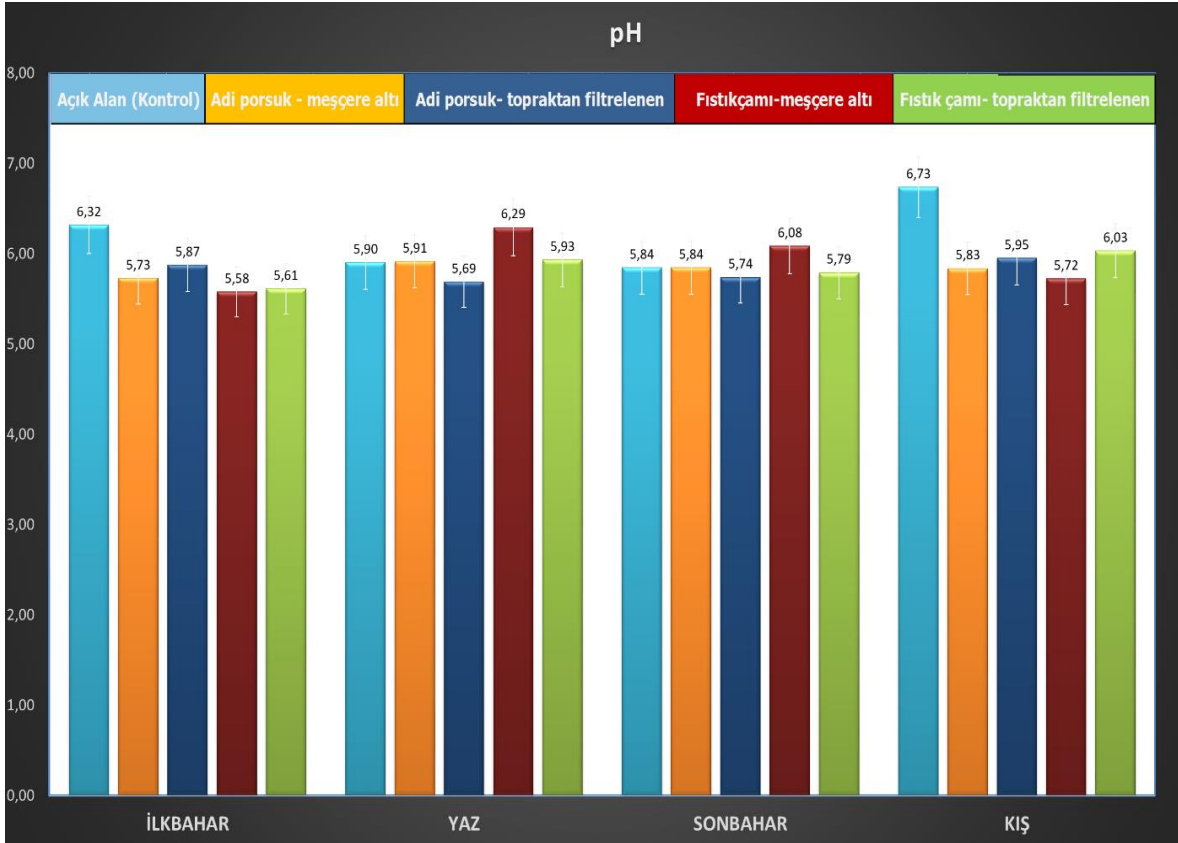
Şekil 21. Sodyum miktarının ölçülen noktalara göre aylık değişimi

### 3.2. Ölçülen Su Kalite Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi

Bu çalışmada, mevsimlerin su toplama noktalarındaki etkisi detaylı olarak aşağıda oluşturulan grafikler ile gösterilmiştir.

#### 3.2.1. pH

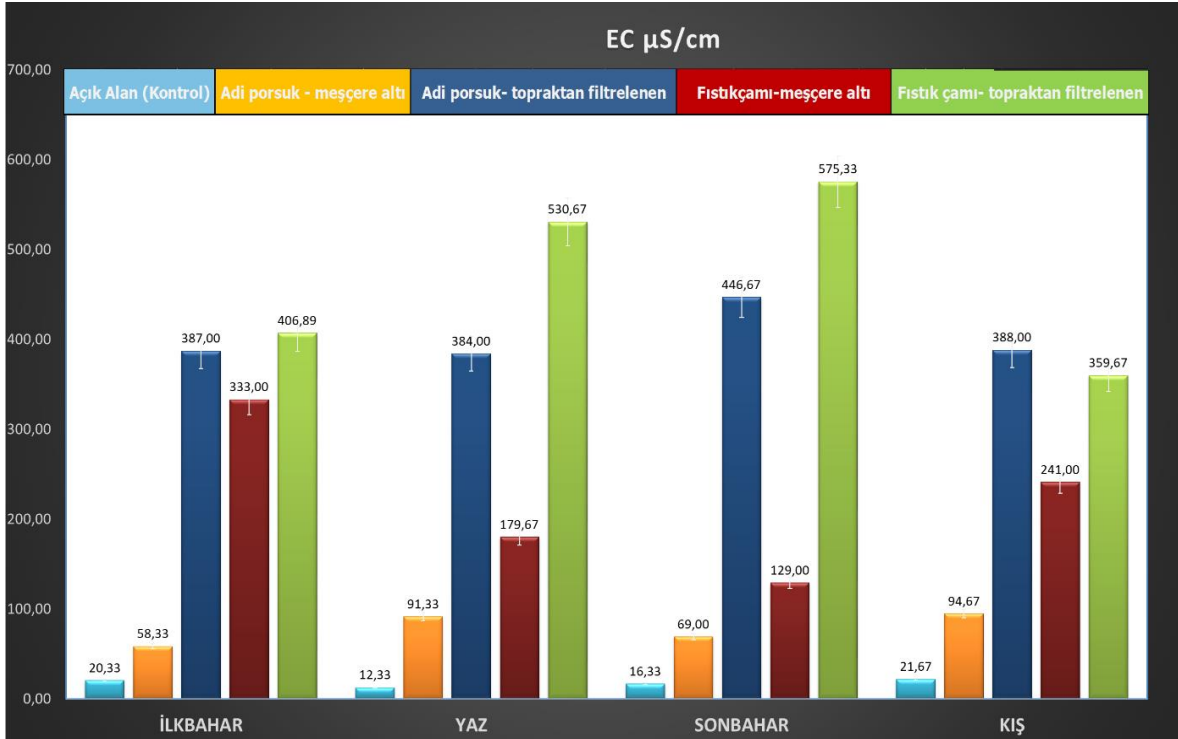
Mevsimsel olarak örneklem noktalarından elde edilen pH değerleri Şekil 22'de gösterilmiştir. Kış me ötre yakın değerler vermiştir.



Şekil 22. pH miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Şekil 23’de gösterilen grafikte örneklem noktalarının elektriksel iletkenlik değerlerinin yıllık ölçümlerini ifade etmektedir. Yapılan ölçümler açık alan kontrol parselinin mevsimsel olarak elektriksel iletkenliğinin diğer örneklem noktalarından daha düşük olduğunu göstermiştir. Beş örneklem noktası içerisinde fıstıkçanı topraktan filtrelenen değerlerinin elektriksel iletkenliğinin diğer örneklem noktalarından yüksek olduğunu göstermiştir. Adi Porsuk meşçere altı değerlerinin dört mevsim boyunca fıstıkçanı meşçere altı değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Meşçere altında organik maddenin fazla olmasının elektriksel iletkenliği artırıcı yönde etkilediği bilinmektedir (Chi, 2008). Bu bilgi ışığında fıstıkçanı meşçere altında organik maddenin adi porsuğa göre daha fazla olduğunu söylemek mümkündür.



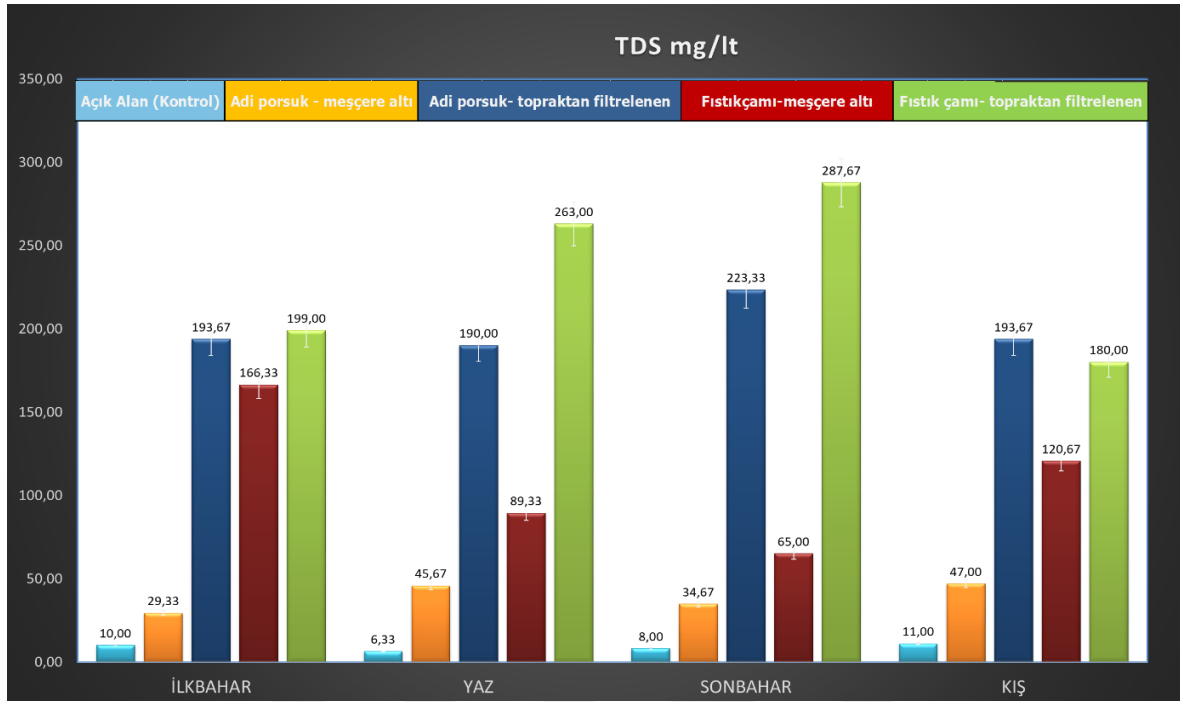
Şekil 23. EC miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.3. Toplam Çözülmüş Katı Madde (TDS)

Örnekleme noktalarındaki ölçülen TDS miktarı, mevsimlere bağlı olarak Şekil 24’de verilmiştir. Buna göre, 4 mevsim boyunca açık alana düşen suda ölçülen TDS miktarı diğer noktalardakilerden daha az bulunmuştur. Fıstık çanı meşçeresinde meşçere çatısına çarpan ve oradan da toprak yüzeyine gelip, toprağın içine sızan suyun toplam çözülmüş madde içeriği mevsimsel bazda en yüksek bulunmuştur. Bunun Adi porsuk meşçeresindeki topraktan filtre edilen suyun takip etmiştir. Meşçere çatısına çarpan ve toprak yüzeyine düşmeden önce toplanan sulardaki TDS içeriği açısından ise Fıstıkçanı türü mevsimsel bazda, Adi porsuk türüne göre daha fazla değerler almıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde ise açık alandaki (kontrol) TDS miktarı, kış mevsiminde en yüksek değerini alırken, yaz aylarında ise en düşük değerlerine ulaşmıştır. Fıstık çanı türünde ise meşçere çatısı etkisi en fazla İlkbahar aylarında görülmekte iken en düşük etkiler sonbahar aylarında gözlenmiştir. Adi porsuk meşçere çatısının etkisi ise en fazla Kış mevsiminde görülmüş iken en az İlkbahar mevsiminde gözlenmiştir. Türlerdeki

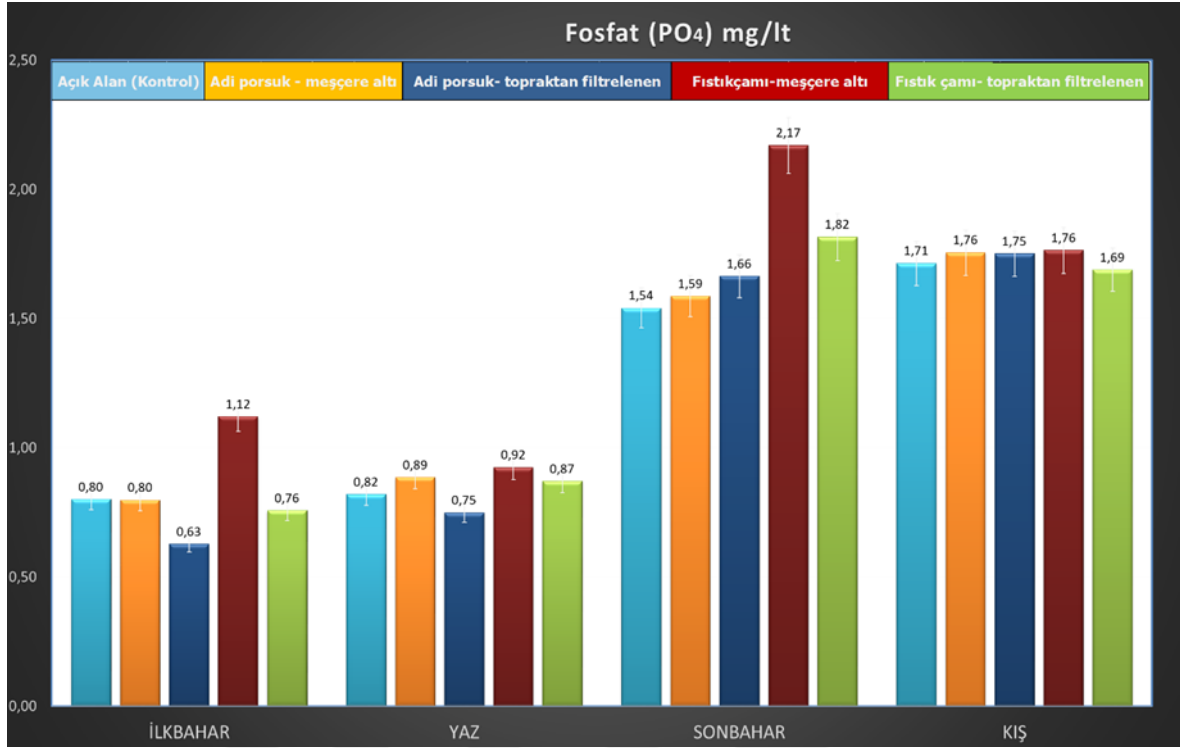
toprak etkisi ise mevsimlere bağılı olarak benzer eğilimler göstermiştir. Sonbaharda en yüksek, Kış mevsiminde ise en düşük değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 24. TDS miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.4. Fosfat (PO<sub>4</sub>)

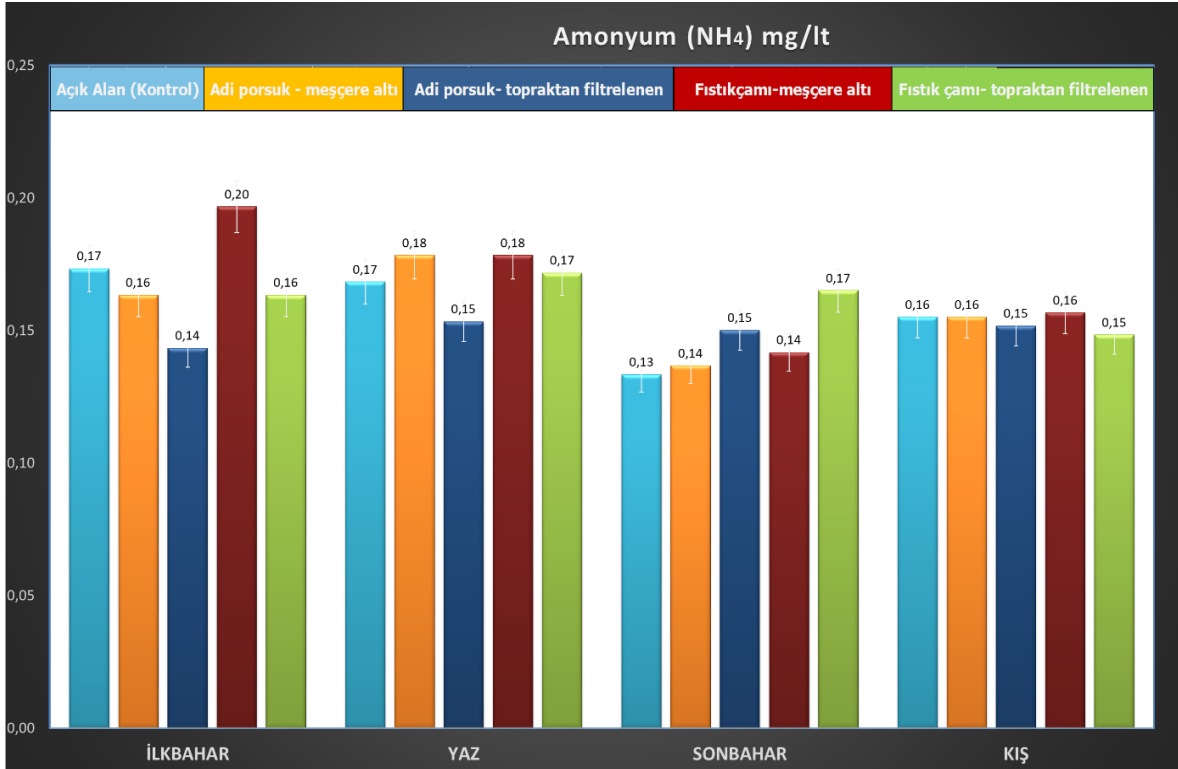
Fosfor değerinin yazın ve yüksek yağışlardan sonra arttığı belirtilmiştir (Rothenberger vd., 2009). Şekil 25’de fosfatın mevsimsel olarak ölçülen değerleri grafik edilmiştir. Yaz mevsiminin ardından gelen yağışın, sonbahar mevsiminde fosfat değerinin yükseldiği, kış mevsiminde, ilkbahar ve yaz aylarına göre yüksek ve stabil bir değer verdiği görülmüştür. Sonbaharda elde edilen fıstıkçanı meşçere altı değeri diğer mevsim ve örneklem noktaları arasında en yüksek değeri vermiştir. İlkbaharda elde edilen adi porsuk topraktan filtrelenen değeri ise örneklem noktaları arasında yıl içerisinde en düşük değeri vermiştir.



Şekil 25. Fosfat miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.5. Amonyum (NH<sub>4</sub>)

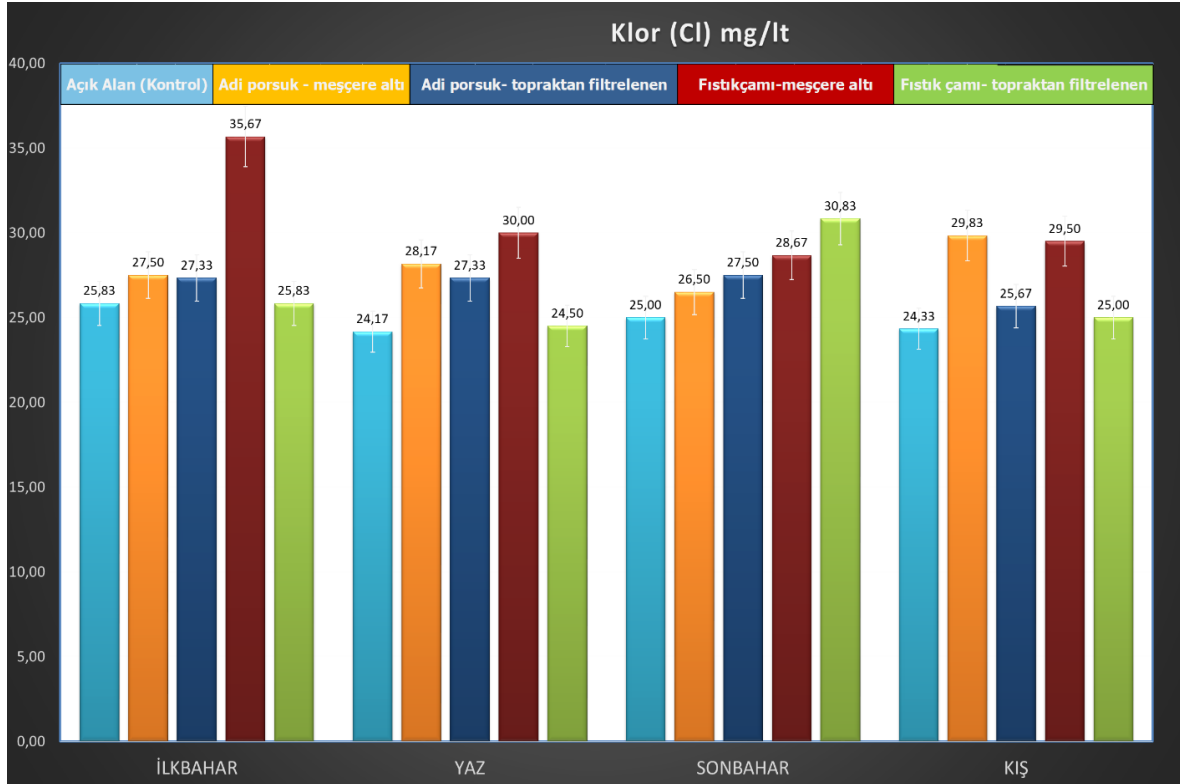
Şekil 26’da gösterilen mevsimsel olarak incelenen amonyum grafiğinde, ilkbahar ve yaz döneminde fıstıkçanı meşçere altı değerinin sonbahar ve kış mevsimine göre yüksek olduğu görülmüştür. Sonbahar mevsim verilerinde amonyum değerlerinin açık alan kontrol parselinde en düşük olduğu, toprakdan filtrelenen değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülmüştür. Kış mevsiminde örneklem noktalarından elde edilen amonyum değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 26. Amonyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.6. Klor (Cl)

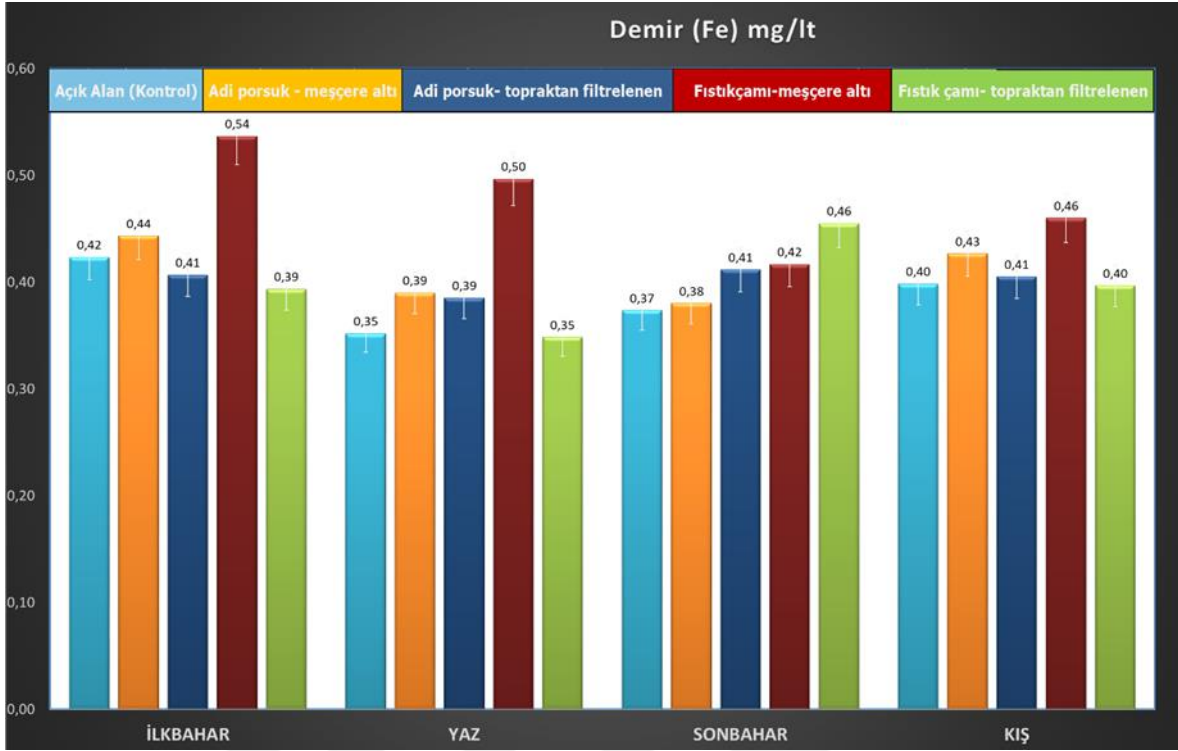
Şekil 27’de görüldüğü gibi en yüksek klor değeri ilkbahar mevsiminde fıstıkçanı meşçere altı örneklem noktasında elde edilmiştir. En düşük değer ise yaz ayında açık alanda elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde fıstıkçanı ve açık alan değerleri aynı çıkmıştır. İlkbahar ve yaz mevsiminde yapılan ölçümlerde fıstıkçanı meşçere altı değeri diğer örneklem noktalarından daha yüksek ölçülmüştür. Sonbahar mevsiminde ise en yüksek değer fıstıkçanı topraktan filtrelenen örneklem noktasında elde edilmiştir. Kış mevsiminde en yüksek değerler meşçere altı örneklem noktalarından elde edilmiştir.



Şekil 27. Klor miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.7. Demir (Fe)

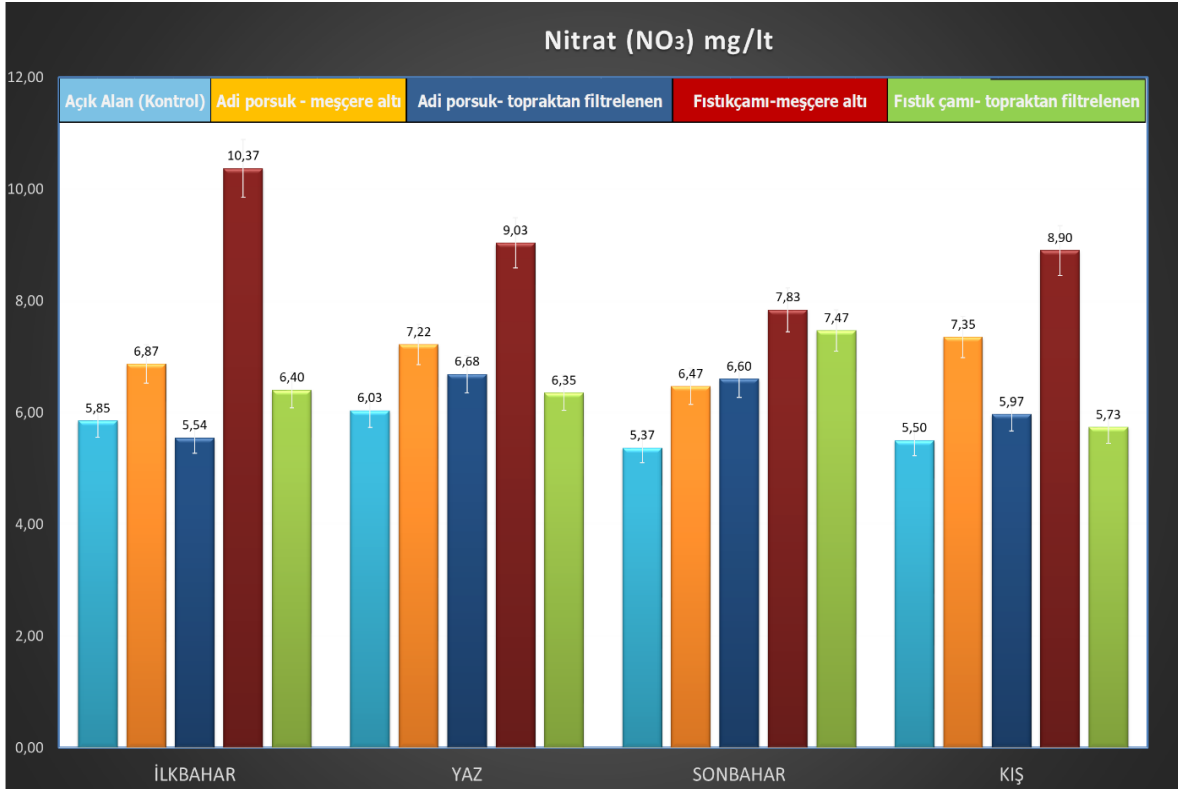
Yıl içerisinde en yüksek demir değeri ilkbahar mevsiminde fıstıkçanı meşçere altı örneklem noktasından elde edilmiştir. En düşük demir değerine ise yaz mevsiminde rastlanmıştır. İlkbahar, yaz ve kış aylarında fıstıkçanı meşçere altı örneklem noktalarında ölçülmüştür. Sonbahar mevsiminde ise fıstıkçanı topraktan filtrelenen örneklem noktasında en yüksek değer elde edilmiştir. Açık alan örneklem noktasında yapılan ölçümlerde değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüş, en yüksek değer ilkbahar mevsiminde, en düşük değer ise yaz mevsiminde ölçülmüştür(Şekil 28).



Şekil 28. Demir miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.8. Nitrat (NO<sub>3</sub>)

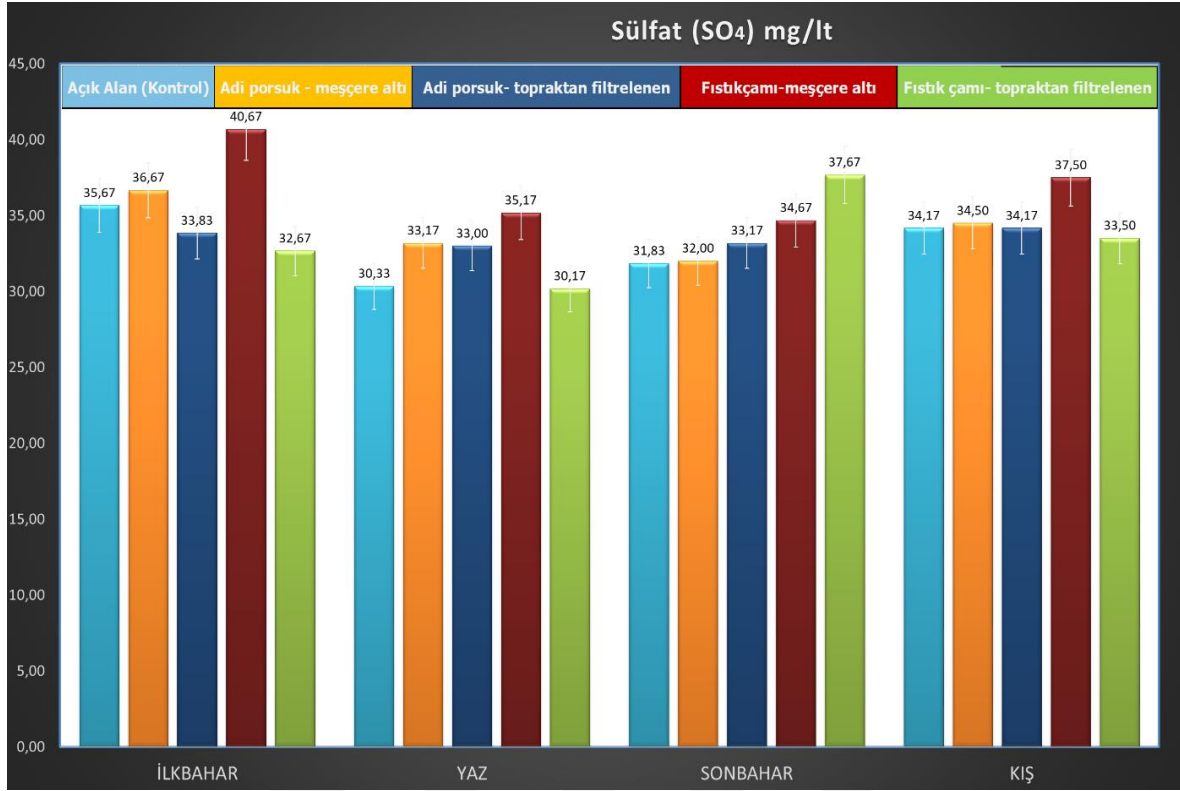
İlkbahar mevsiminde elde edilen fıstıkçanı meşçere altı değeri yıl bazında ölçülen en yüksek nitrat değerine sahiptir. En düşük nitrat değeri ise sonbahar mevsiminde açık alanda elde edilmiştir. Örnekleme noktaları içerisinde mevsimsel olarak değerlendirildiğinde fıstıkçanı meşçere altı değerleri en yüksek örneklem değeri olarak ölçülmüştür. İlkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde meşçere altı değerleri topraktan filtrelenen değerlerden daha yüksek ölçülmüştür(Şekil 29).



Şekil 29. Nitrat miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.9. Sülfat (SO<sub>4</sub>)

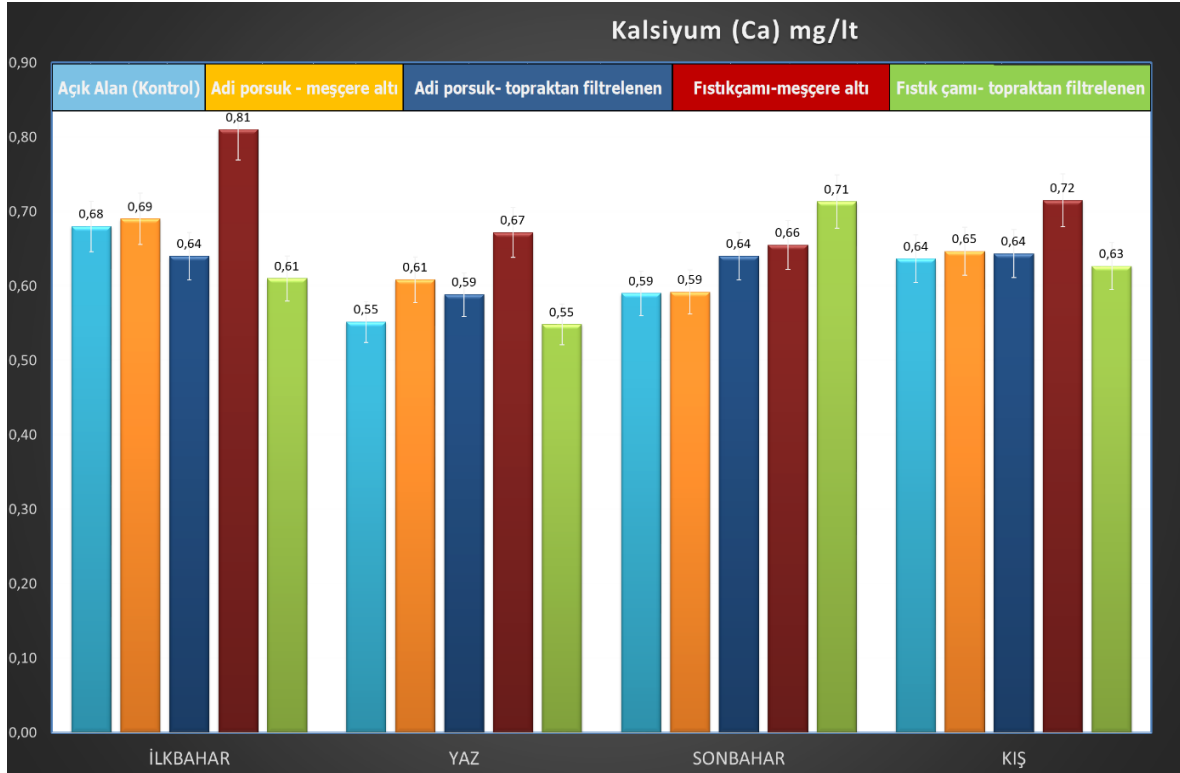
Şekil 30'da gösterilen grafik verilerine göre sülfat yıllık bazda mevsimsel olarak en yüksek değere ilkbahar mevsiminde ulaşmıştır. En düşük sülfat değeri ise yaz mevsiminde fıstıkçanı topraktan filtrelenen örneklem noktasında elde edilmiştir. ilkbahar, yaz ve kış mevsimi içerisinde en yüksek değerler fıstıkçanı meşçere altı örneklem noktasında ölçülmüştür. Sonbahar mevsiminde ise en yüksek değer fıstıkçanı topraktan filtrelenen örneklem noktasında elde edilmiştir.



Şekil 30. Sülfat miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.10. Kalsiyum (Ca)

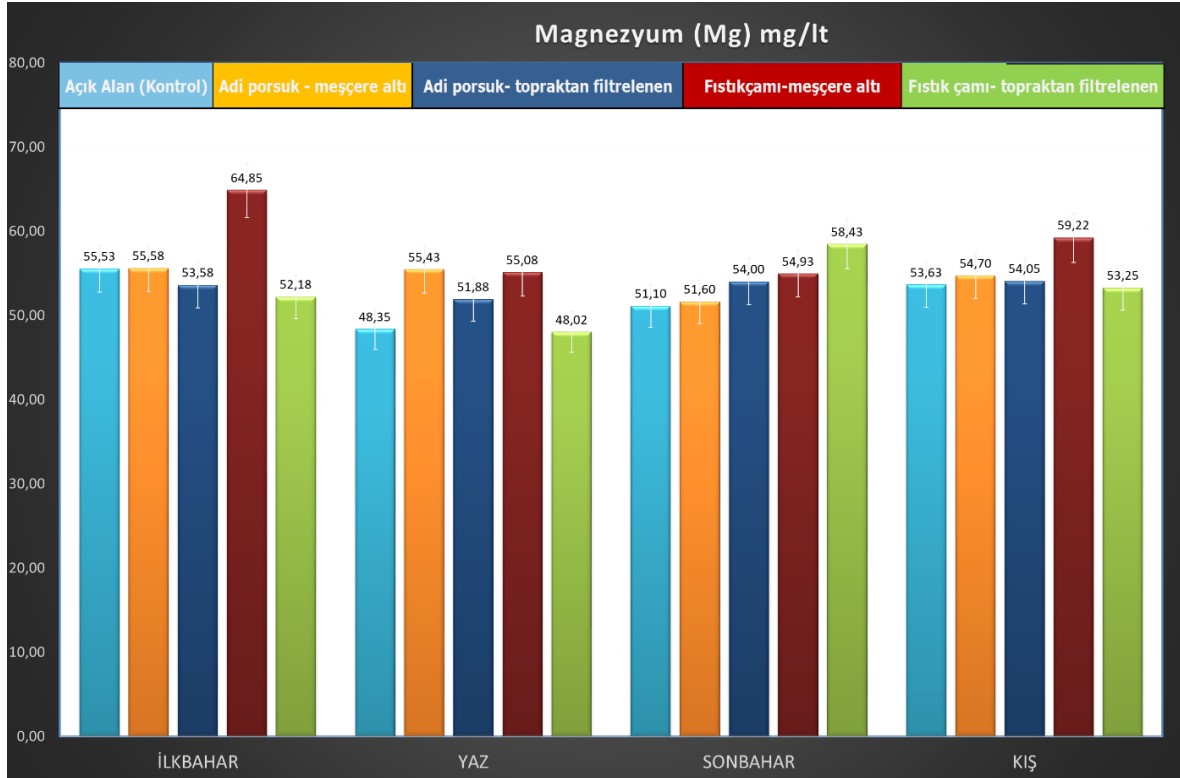
İlkbahar mevsiminde elde edilen en yüksek değer fıstıkçanı meşçere altı örneklem noktasında elde edilmiştir. Örneklem noktaları mevsimsel olarak incelendiğinde sülfat, nitrat ve demir ile aynı grafiği elde ettiği görülmüştür. En düşük kalsiyum değerine yaz mevsimi içerisinde açık alan ve fıstıkçanı topraktan filtrelenen örneklem noktalarında görülmüştür. İlkbahar, yaz ve kış mevsimleri incelendiğinde fıstıkçanı meşçere altı değeri en yüksek değer olarak elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise fıstıkçanı topraktan filtrelenen değeri en yüksek olarak ölçülmüştür(Şekil 31).



Şekil 31. Kalsiyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.11. Magnezyum (Mg)

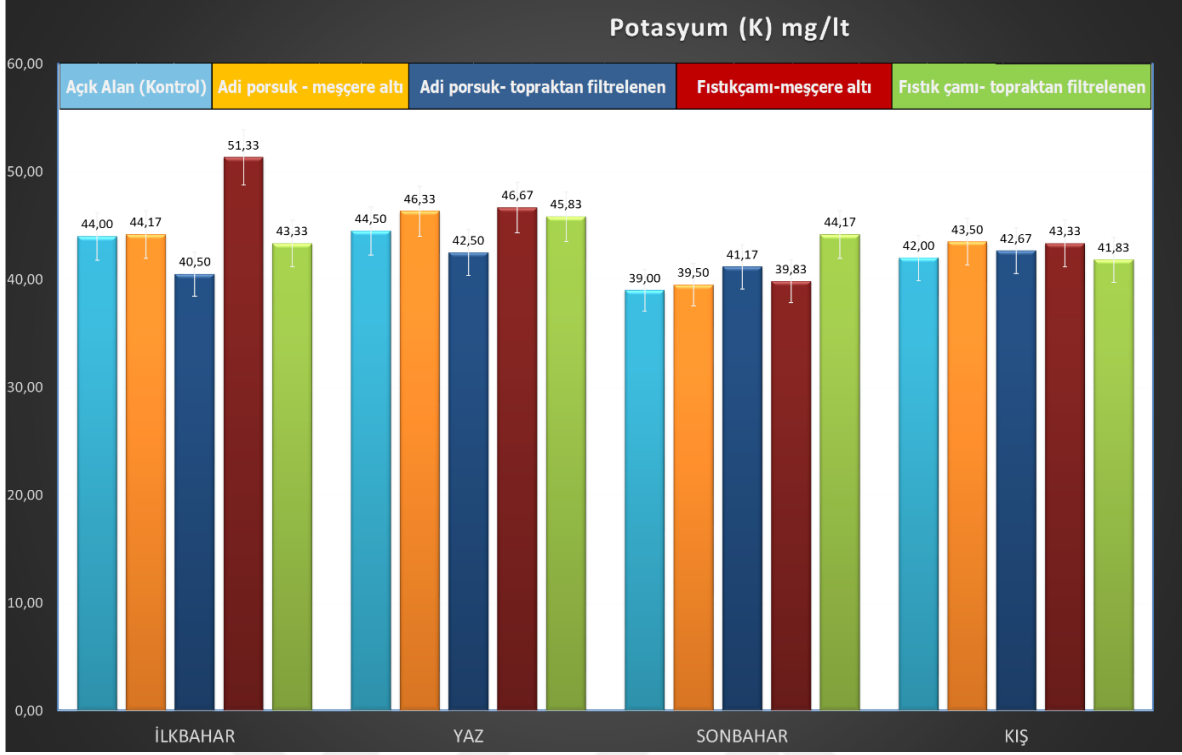
Şekil 32’de bulunan grafik veriler incelendiğinde, ilkbahar mevsiminde elde edilen en yüksek değer fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasında elde edilmiştir. En düşük magnezyum değerine yaz mevsimi içerisinde fıstıkçamı topraktan filtrelenen örneklem noktalarında görülmüştür. İlkbahar ve kış mevsimleri incelendiğinde fıstıkçamı meşçere altı değeri en yüksek değer olarak elde edilmiştir. Yaz mevsimi içerisinde adi porsuk meşçere altı örneklem noktası en yüksek değer olarak ölçülmüştür. Sonbahar mevsiminde ise fıstıkçamı topraktan filtrelenen değeri en yüksek olarak ölçülmüştür.



Şekil 32. Magnezyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.12. Potasyum (K)

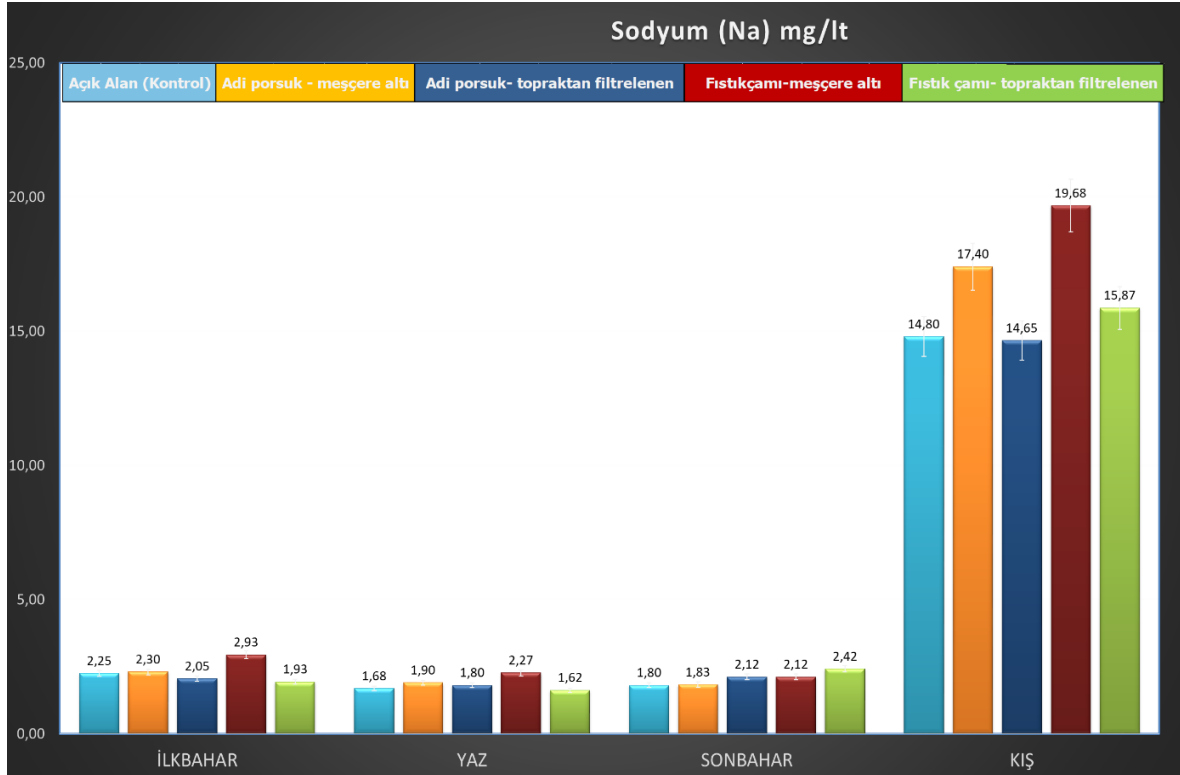
Şekil 33 incelendiğinde fıstıkçanı meşçere altı değerinin ilkbahar mevsiminde en yüksek yıllık değere ulaştığı görülmüştür. İlkbahar ve yaz mevsimi içerisinde en yüksek değer fıstıkçanı meşçere altı örneklem noktasında elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde fıstıkçanı topraktan filtrelenen örneklem noktasında en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Yıl içerisinde en düşük potasyum sonbahar mevsiminde açık alan örneklem noktasında ölçülmüştür.



Şekil 33. Potasyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.2.13. Sodyum (Na)

Sodyum değeri ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsiminde düşük değerler stabilinde ilerlediği görülmüştür. Kış mevsiminde ise daha yüksek değerler aldığı görülmüştür(Şekil 34).



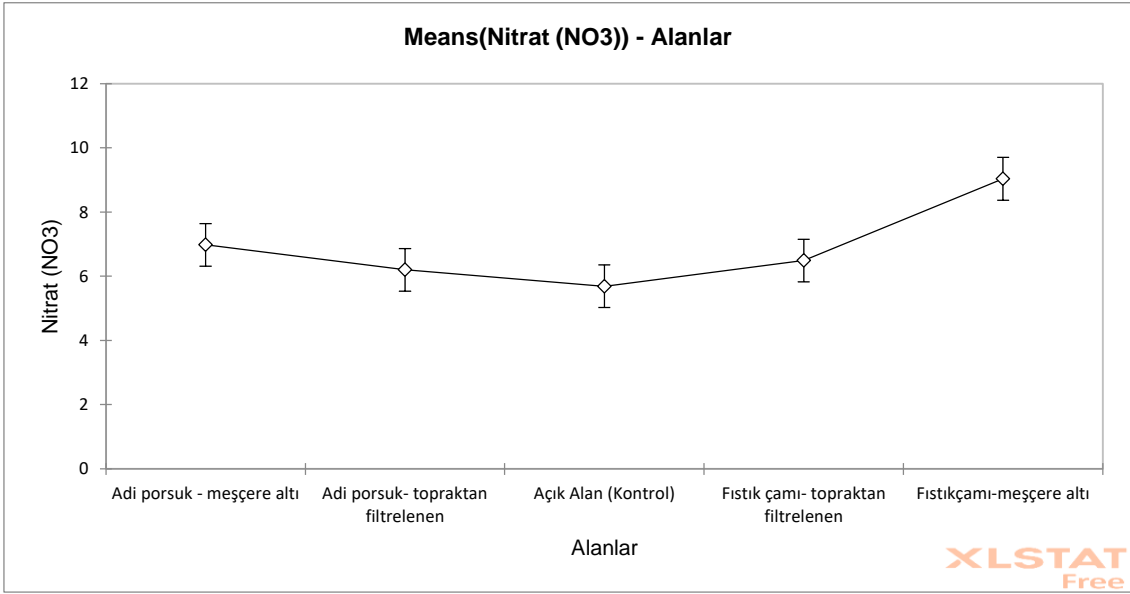
Şekil 34. Sodyum miktarının ölçülen noktalara göre mevsimsel değişimi

### 3.3. Ağaç Türünün Gelen Yağışın Kalitatif Özellikleri Üzerine Potansiyel Etkileri

Aylık yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilerden oluşan regresyon analizleri aşağıda verilmiştir. Elemental ölçümler neticesinde fıstıkçanı meşçere altı değerlerinin en yüksek olduğu, en düşük değerlerin ise açık alan kontrol noktasından ( $PO_4$ , K,  $NH_4$  hariç) elde edildiği görülmüştür. Ph, açık alan kontrol noktarda en yüksek değere sahiptir. Elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde miktarları, açık alan kontrol noktasında en düşük değerleri verirken, fıstıkçanı ve adi porsuğa ait topraktan filtrelenen örneklem noktalarında en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür.

### 3.3.1. Nitrat (NO<sub>3</sub>)

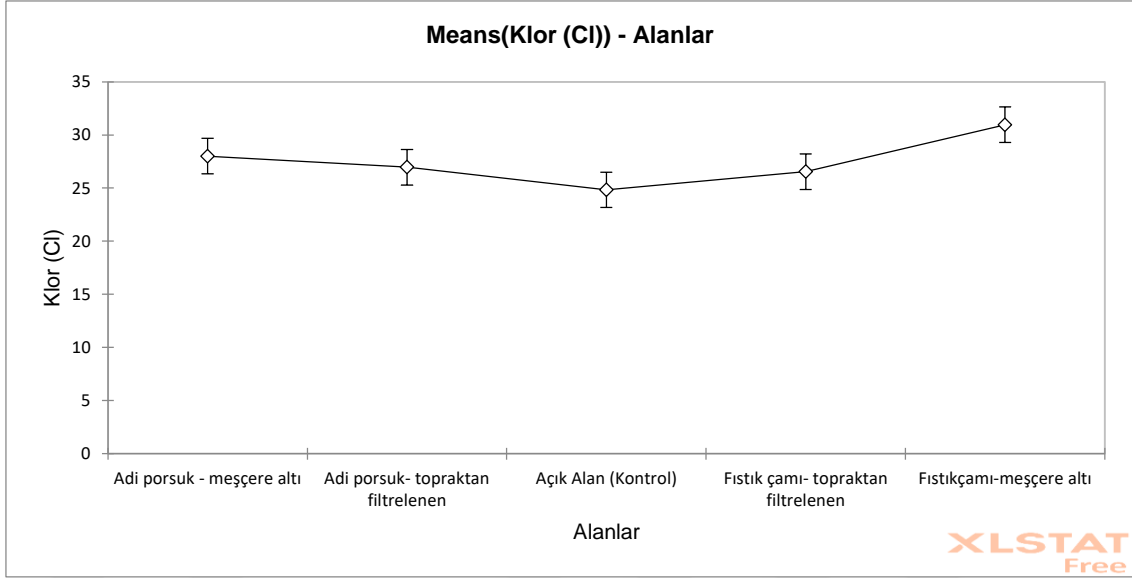
En düşük nitrat değeri açık alan kontrol noktasından, en yüksek nitrat değeri ise fıstıkçamı meşcere altı örneklem noktasından elde edilmiştir(Şekil 35). Adi porsuk ve fıstıkçamı topraktan filtrelenen örneklem noktaları, meşcere altı örneklem noktalarından daha düşük çıkmıştır. Nitrat bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistikî anlamda önemli bulunmuştur (F:15.22; p<0.01).



Şekil 35. Nitrat'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.2. Klor (Cl)

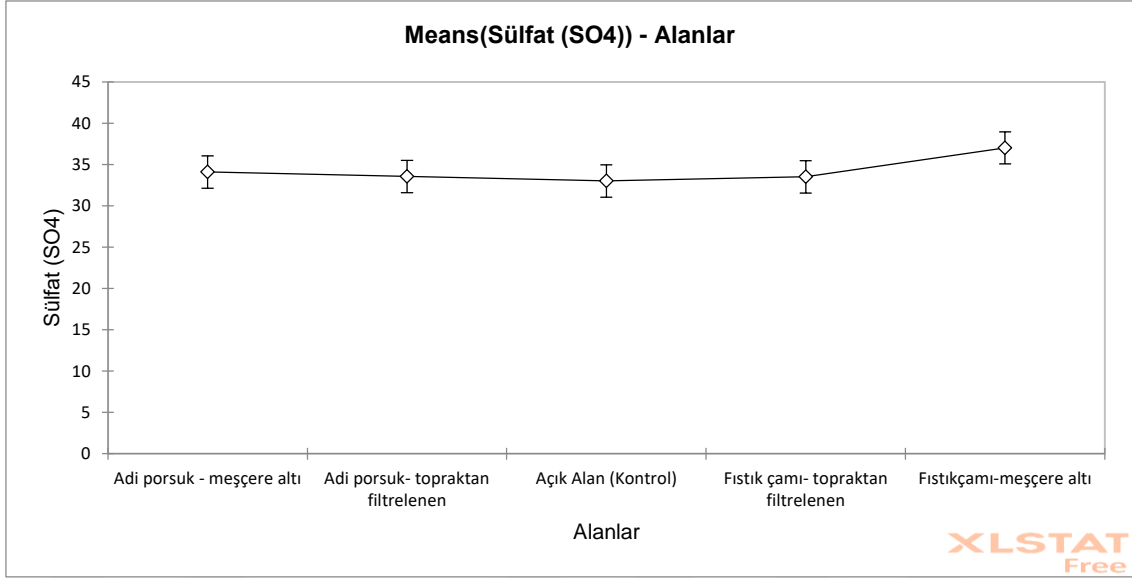
En yüksek klor değeri fıstıkçamı meşcere altı örneklem noktasından elde edilmiştir(Şekil 36). En düşük klor değeri ise açık alan kontrol noktasından elde edilmiştir. Adi porsuk ve fıstıkçamı topraktan filtrelenen örneklem noktaları, meşcere altı örneklem noktalarından daha düşük çıkmıştır. Klor bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistikî anlamda önemli bulunmuştur (F:7.38; p<0.01).



Şekil 36. Klor'ün ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.3. Sülfat ( SO<sub>4</sub> )

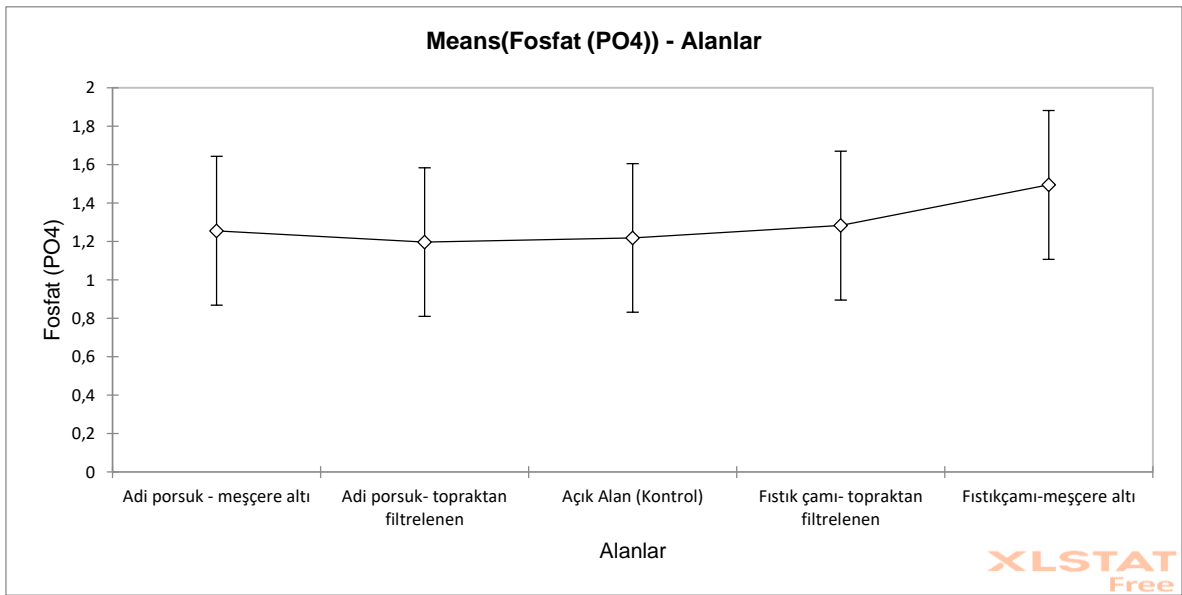
Fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasında en yüksek sülfat değeri elde edilmiştir(Şekil 37). Diğer örneklem noktalarından elde edilen sülfat değerlerinin ise birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sülfat bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistikî anlamda önemli bulunmuştur (F:2.69; p<0.05).



Şekil 37. Sülfat'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.4. Fosfat (PO<sub>4</sub>)

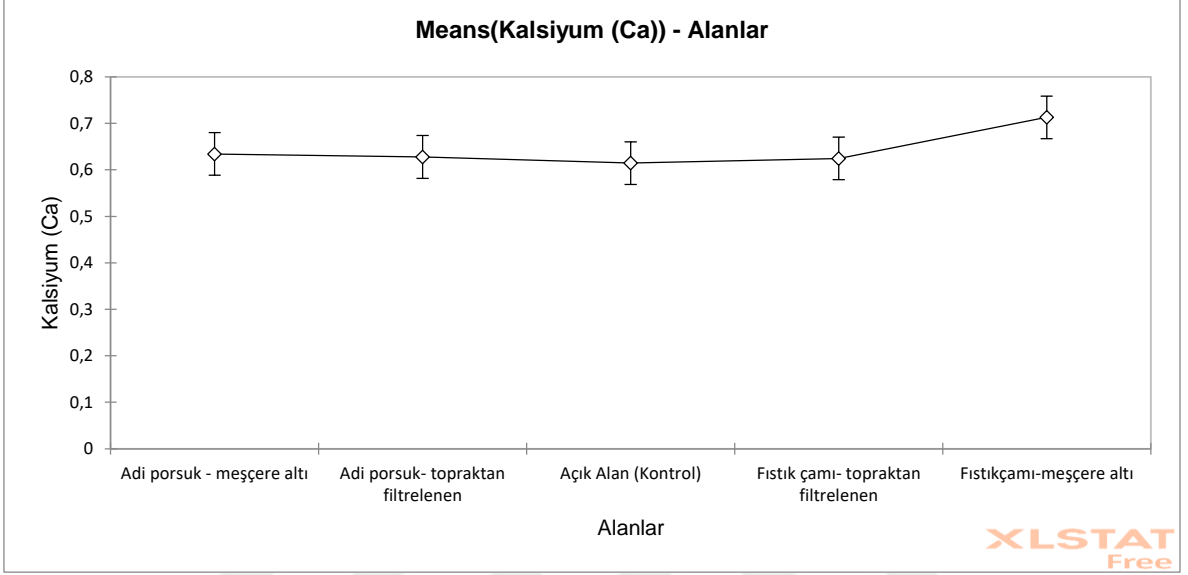
En yüksek fosfat değeri fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasından elde edilirken en düşük fosfat değeri açık alandan elde edilmiştir(Şekil 38). Ancak fosfat bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F:0.381; p>0.05).



Şekil 38. Fosfat'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.5. Kalsiyum (Ca)

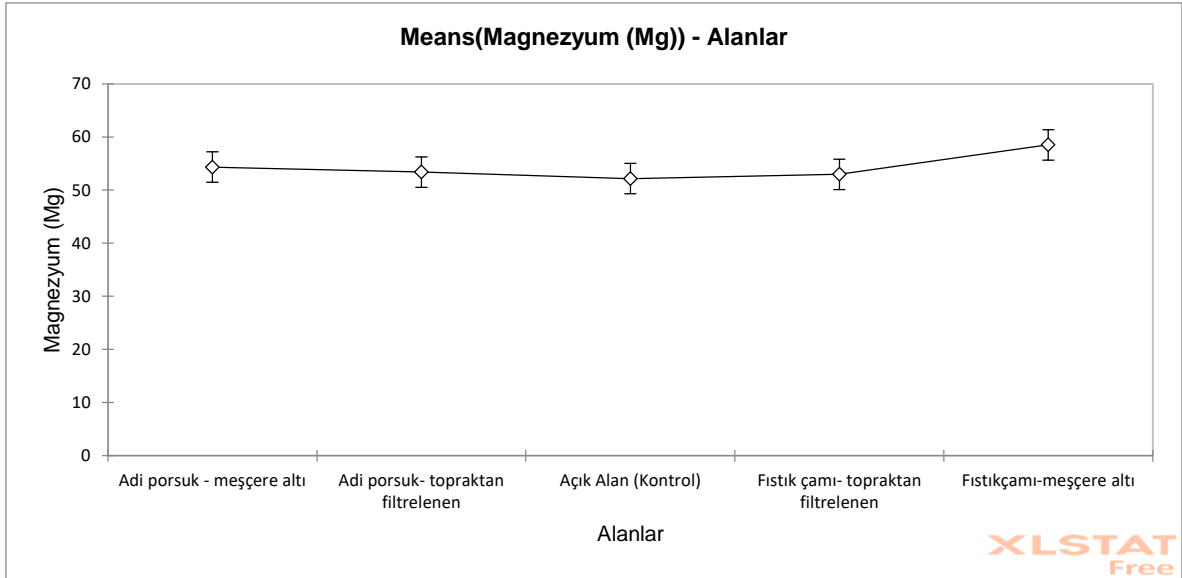
En yüksek kalsiyum değeri fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasından elde edilmiştir(Şekil 39). Kalsiyum bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (F:3.02; p<0.05).



Şekil 39. Kalsiyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.6. Magnezyum (Mg)

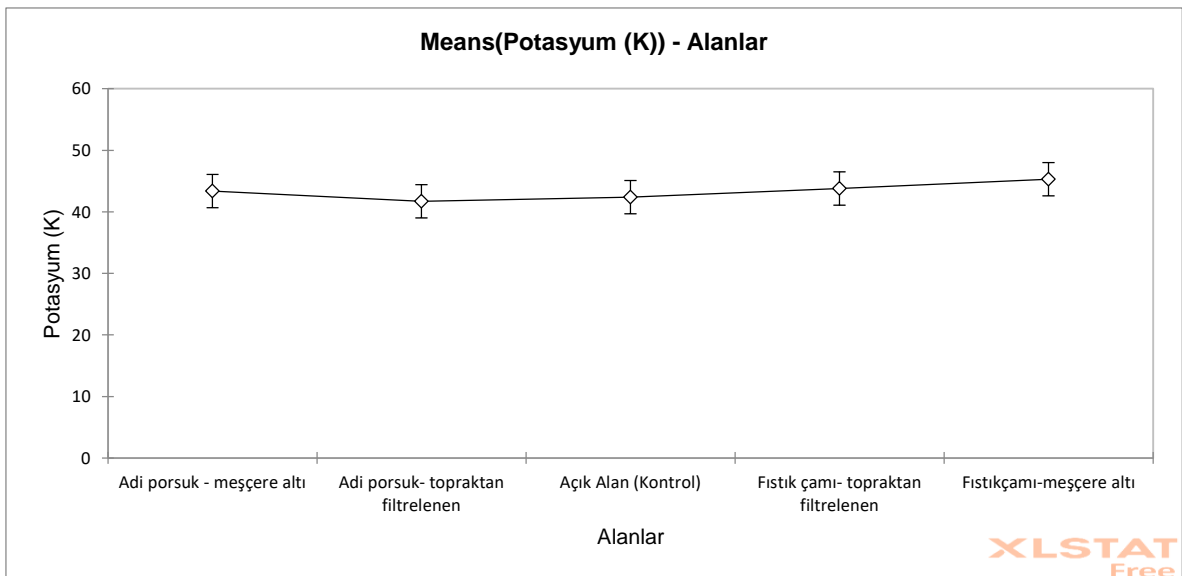
En yüksek magnezyum değeri fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasından elde edilirken en düşük magnezyum miktarının açık alan kontrol noktasında olduğu görülmüştür(Şekil 40). Magnezyum bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (F:3.07; p<0.05).



Şekil 40. Magnezyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.7. Potasyum (P)

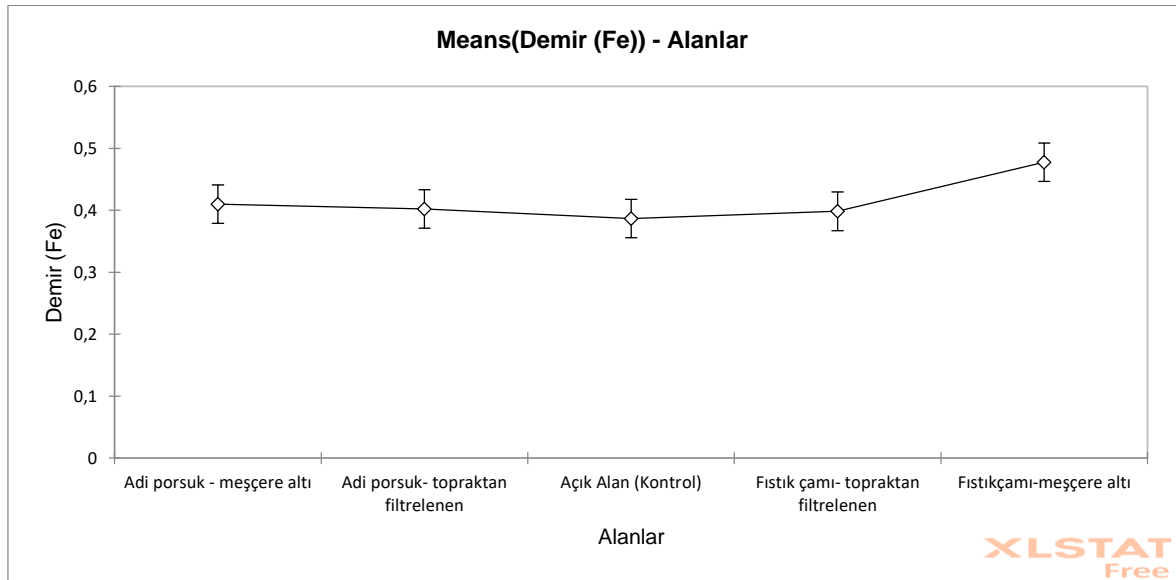
En yüksek potasyum miktarı fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasından elde edilmiştir(Şekil 41). En düşük potasyum miktarı adi porsuk topraktan filtrelenen örneklem noktasından elde edilmiştir. Potasyum bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistikî anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 1.04;  $p>0.05$ ).



Şekil 41. Potasyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.8. Demir (Fe)

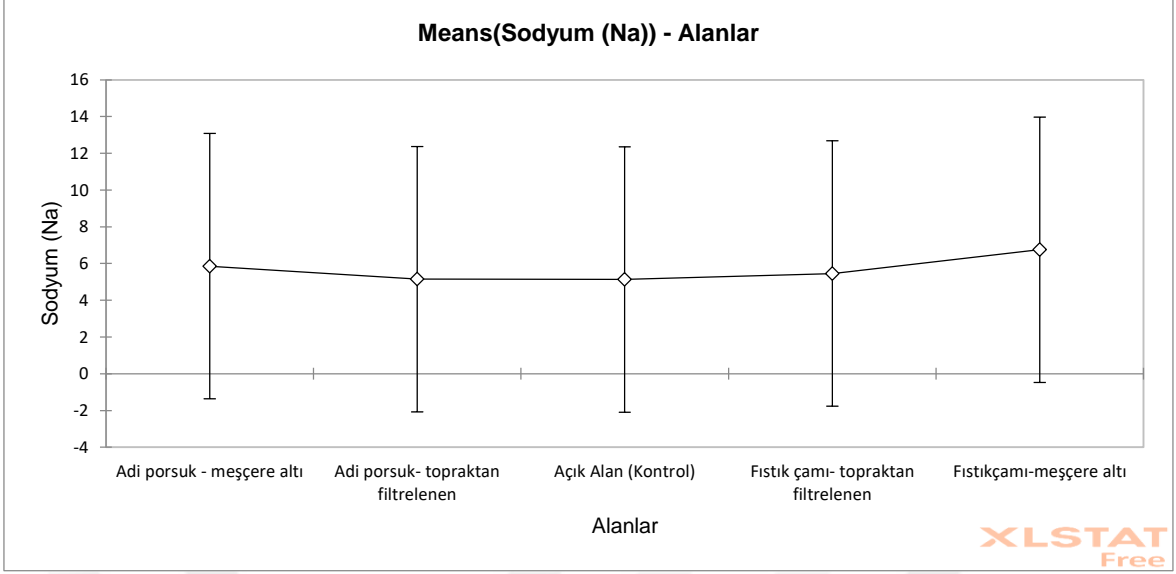
Açık alan kontrol noktası en düşük demir değerine sahipken en yüksek demir değerinin fıstıkçamı meşçere altı örneklem noktasında olduğu görülmüştür(Şekil 42). Demir bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (F:5.36;  $p<0.01$ ).



Şekil 42. Demir'in ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.9. Sodyum (Na)

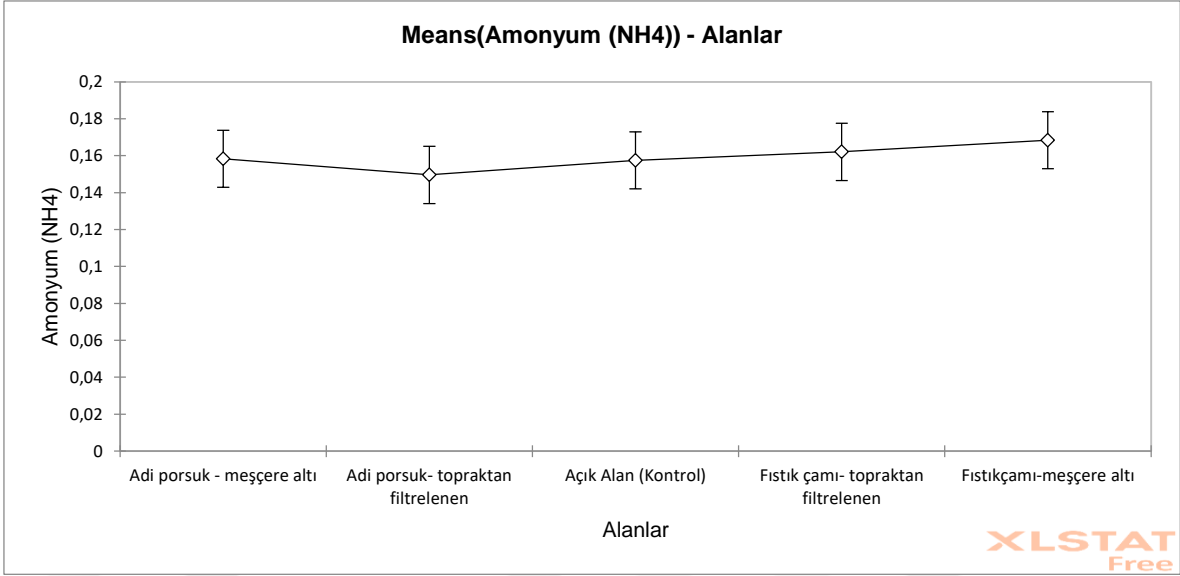
Sodyum bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur(Şekil 43) (F: 0.04;  $p>0.05$ ).



Şekil 43. Sodyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.10. Amonyum (NH<sub>4</sub>)

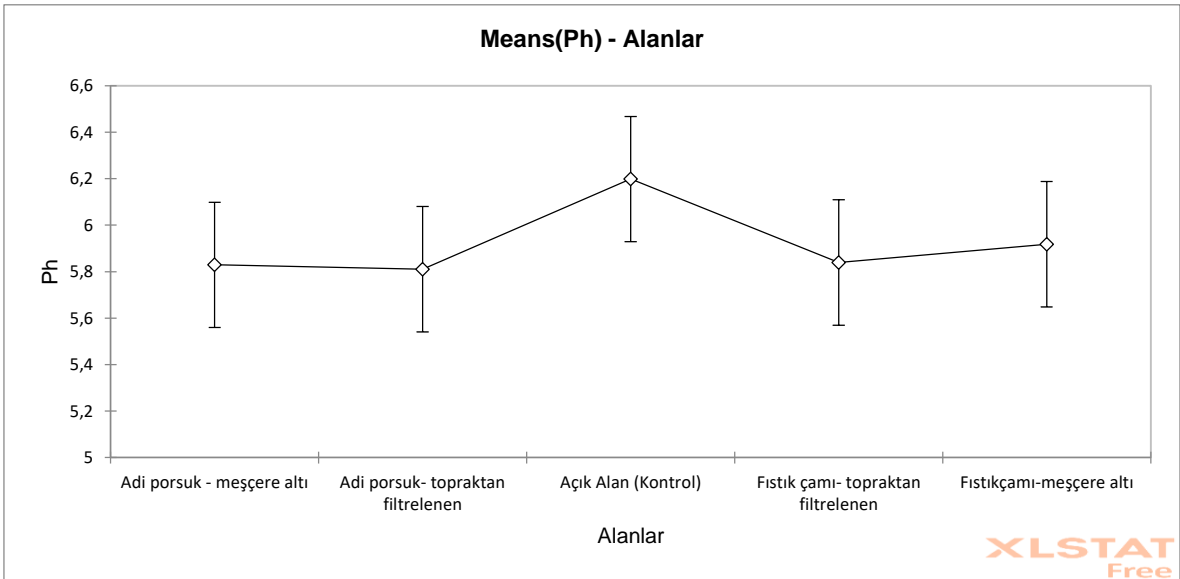
Adi porsuk topraktan filtrelenen örneklem noktasından elde edilen değer en düşük bulunmuştur(Şekil 44). Diğer örneklem noktalarından elde edilen amonyum değeri ise birbirlerine yakın bulunmuştur. Amonyum bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 0.80; p>0.05).



Şekil 44. Amonyum'un ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.11. pH

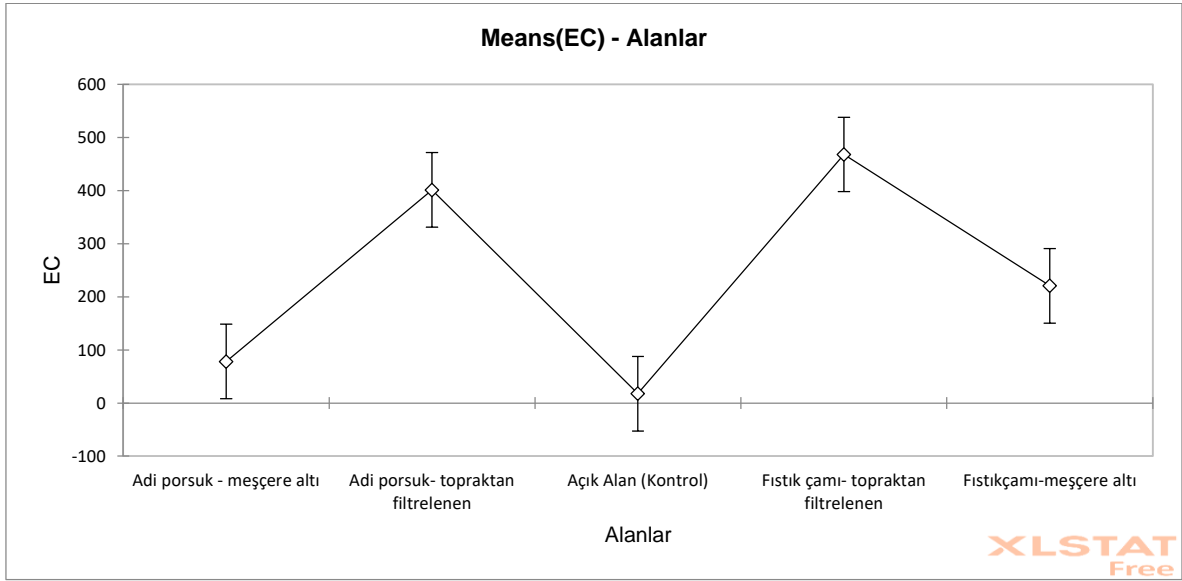
En yüksek ph değeri açık alan örneklem noktasından elde edilmiştir(Şekil 45). pH bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (F: 1.44;  $p>0.05$ ).



Şekil 45. Ph'ın ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.12. Elektriksel İletkenlik (EC)

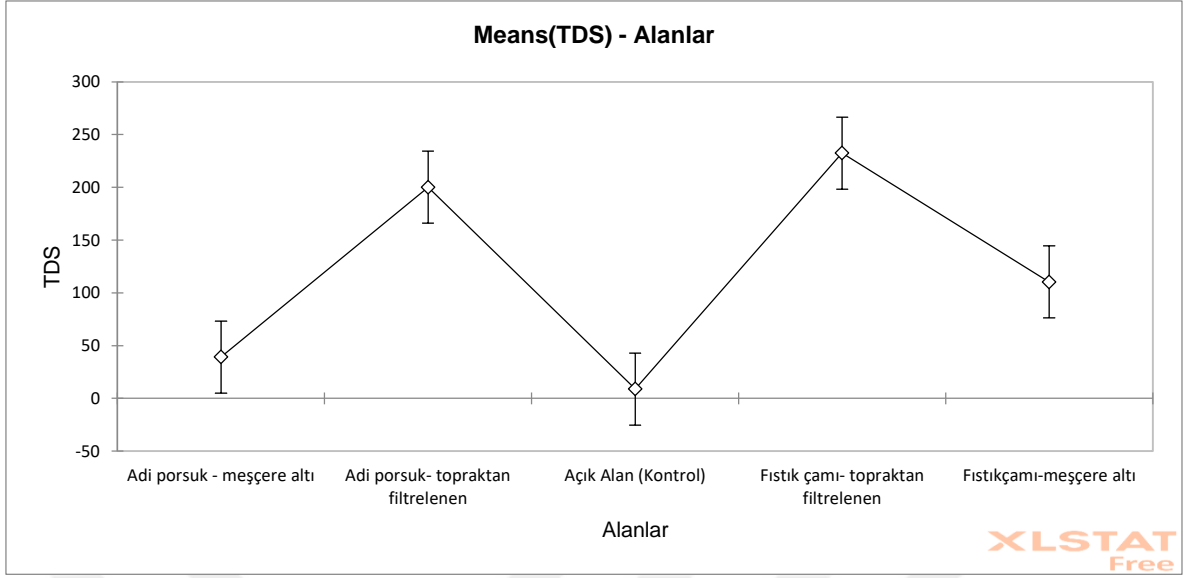
Açık alan örneklem noktasından elde edilen EC değeri en düşük bulunmuştur(Şekil 46). Toprakтан filtrelenen örneklem noktalarında ise meşcere altı örneklem noktalarına karşı daha yüksek EC değeri bulunmuştur. EC bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistikî anlamda önemli bulunmuştur (F:31.49;  $p<0.01$ ).



Şekil 46. EC'nin ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

### 3.3.13. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)

Açık alan örneklem noktasından elde edilen TDS değeri en düşük bulunmuştur(Şekil 47). Toprakтан filtrelenen örneklem noktalarında ise meşcere altı örneklem noktalarına karşı daha yüksek TDS değeri bulunmuştur. TDS bakımından uygulama alanları arasındaki farklılık istatistikî anlamda önemli bulunmuştur (F:32.78;  $p<0.01$ ).

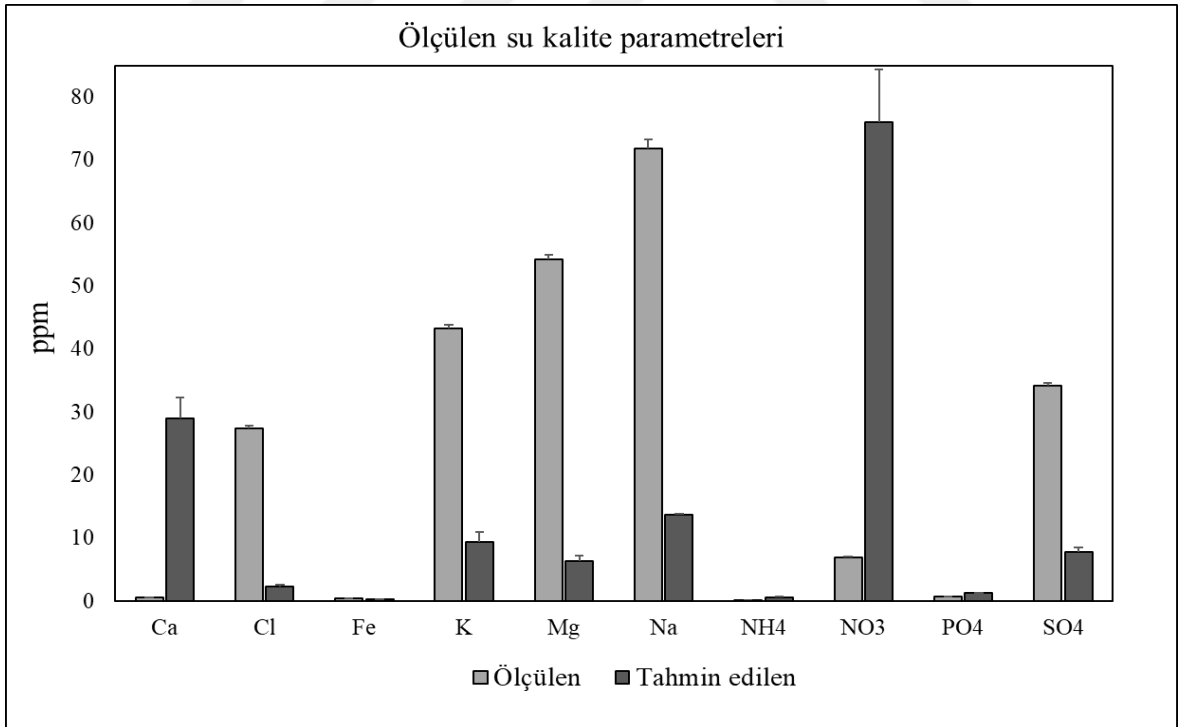


Şekil 47.TDS'nin ağaç türleri üzerine kalitatif etkisi

## 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 4.1. Verilerin Hassas Yöntemler ile İncelenmesi

İlgili kaynakta (Kezik ve Hacisalihoglu, 2022) TDS' ye göre tahmin edilen su kalite ölçüm parametreleri, bu çalışmada spektrofotometre ile ölçülen değerlerin (tüm ölçüm noktalarındaki toplam veriler) ortalamaları, eşleştirilmiş T-Testine göre karşılaştırılmıştır (Şekil 48). Bununla birlikte her bir parametreye ait regresyon grafikleri oluşturulmuştur. Buradaki ana amaç: farklı ölçüm yöntemleri arasındaki ilişkileri net olarak ortaya koymaktır. Bu çalışmada ölçülen TDS değerlerine göre ilgili çalışmadan (Kezik ve Hacisalihoglu, 2022) ortaya çıkarılan denklemlerden tahmini su kalite parametreleri Şekil 48 ve Tablo 2'de verilmiştir. Ölçülen TDS verileri, oluşturan model denklemde kullanılarak Ca, Cl, Fe, K, Mg, Na, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> ve SO<sub>4</sub> tahmin edilmiştir. Doğal bir ortamda bulunan su, ekolojik koşullarda ve farklı ölçüm yöntemlerinde tahmin edilen sonuçları vermesi beklenmektedir.



Şekil 48. Çalışmada spektrofotometre ile ölçülen ve farklı yöntemlerle tahmin edilen değerler (n=60, ortalama ± standart hata, P değerleri Tablo 2'de verilmiştir).

Tablo 2. Ölçülen ve TDS verileri kullanılarak denklemlerle tahmin edilen değerlerin istatistiksel olarak karşılaştırılması ve korelasyon ilişkileri

Parametreler	Ölçülen	Tahmin edilen	P değeri	r (korelasyon kat.)	r (korelasyon) önem değeri
Ca	0,64±0,01	28,95±3,42	$P < 0.001$	0,088	$P > 0,05 (0,50)$
Cl	27,46±0,45	2,33±0,26	$P < 0.001$	0,151	$P > 0,05 (0,25)$
Fe	0,42±0,01	0,36±0,01	$P < 0.001$	-0,063	$P > 0,05 (0,63)$
K	43,31±0,61	9,44±1,56	$P < 0.01$	0,343	$P < 0,05 (0,007)$
Mg	54,27±0,68	6,38±0,78	$P < 0.001$	0,095	$P > 0,05 (0,47)$
Na	71,78±13,76	1,49±0,099	$P < 0.001$	-0,382	$P < 0,05 (0,003)$
NH4	0,16±0,003	0,64±0,14	$P < 0.01$	0,287	$P < 0,05 (0,03)$
NO3	6,88±0,21	75,95±8,45	$P < 0.001$	0,114	$P > 0,05 (0,4)$
PO4	0,71±0,08	1,29±0,085	$P < 0.001$	0,087	$P > 0,05 (0,51)$
SO4	34,23±0,46	7,76±0,73	$P < 0.001$	0,072	$P > 0,05 (0,59)$

Şekil 48 ve Tablo 2'ye göre ölçülen tüm parametreler ile tahmin edilen parametreler arasındaki değerler istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Bu da toplanan suların analiz sürecinde farklı yöntemlerin birbirinden önemli derecede istatistiksel olarak farklı olduğu anlamına gelmiştir. Yapılan çalışmanın üzerinde bulunduğu toprağın, ağaç sayısı ve türlerinin doğal olmayışı tüm parametreler üzerinde rol oynamaktadır. Doğal bir ortamda yapılan çalışma ile TDS'den yola çıkarak yapılan hesaplamalarda elde edilen değerlerin farklı olduğu görülmüştür. Gerçek ölçülen ve simülasyon ile tahmin edilen değerler Tablo 2' de verilmiştir. Öyle ki yapılacak çalışmalarda daha hassas ölçüm yöntemlerinin kullanılması gerektiği de bu sonuçlarla açıkça anlaşılmıştır.

### 4.3. Genel Değerlendirme

Daha önce Ladin ve Gökmar türleri arasında su kalitesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Kezik ve Hacisalihoglu, 2022). Yapılan çalışmada açık alan (kontrol noktası), Gökmar gövdeden akış, Gökmar meşcere altı, Gökmar topraktan filtrelenen, Gökmar yüzeysel akış örneklem noktaları ve Ladin türü için kurulan açık alan (kontrol noktası), Ladin gövdeden akış, Ladin meşcere altı, Ladin topraktan filtrelenen, Ladin yüzeysel akış örneklem noktalarından oluşmaktadır. Yapılan bu çalışmada bizlere orman örtüsünün su kalitesi üzerinde etkisi olduğunu göstermiştir. Örneğin fıstıkçanı meşcere altı örneklem noktasının ortalama yıllık TDS değeri 110,33 mg/lt olarak hesaplanmışken Ladin meşcere altı örneklem noktasında ortalama yıllık TDS değeri 33.5 mg/lt, Gökmar meşcere altı örneklem noktasında ortalama yıllık TDS değeri 27,2 mg/lt olarak bulunmuştur. Fıstıkçanı örneklem noktasında bulunan ortalama TDS değeri Ladin ve Gökmar örneklem noktasından 3-4 katı değere sahip olduğu görülmüştür. Adi Porsuk topraktan filtrelenen örneklem noktasında yapılan incelemelerde ortalama yıllık sülfat değeri 33,54 mg/lt olarak bulunmuşken, Ladin topraktan filtrelenen yıllık ortalama sülfat değeri 6,55 mg/lt, Gökmar topraktan filtrelenen örneklem noktasında ise yıllık ortalama sülfat değeri 15,42 mg/lt olarak bulunmuştur. Adi Porsuk topraktan filtrelenen örneklem noktasında elde edilen değer, Gökmar ve Ladin topraktan filtrelenen örneklem noktalarındaki değerlerden yaklaşık olarak 2-6 katı kadardır.

Bir başka su kalitesi çalışmasında (Acar, 2021) Sivas Demiryazı Göleti üzerine kurulan 4 istasyondan veriler elde edilmiştir. Bu istasyonlara göre ilkbahar mevsiminde ortalama EC değeri 338,41  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bulunmuşken bu çalışmada bulunan örneklem noktalarının ilkbahar mevsimi ortalaması EC değeri 241,11  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır. Yaz mevsimi ortalama fosfat değeri Demiryazı Göleti'nde 0,166 mg/lt olarak bulunmuşken bu çalışmada bulunan örneklem noktalarının yaz mevsimi ortalama fosfat değeri 0,85 mg/lt olarak hesaplanmıştır.

Akçaova deresinde yapılan çalışmada (Alptekin,2018) 3 farklı istasyon kurulmuştur. Kurulan istasyonlardan elde edilen ortalama nitrat değeri 2.13 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada 5 örneklem noktasından elde edilen ortalama nitrat değeri 6.88 mg/lt olarak hesaplanmıştır.

Kastamonu yöresinde yapılan ormancılık uygulamalarının su kalitesine yönelik etkisinin araştırılması (Şen, 2021) üzerine bulunan değerler incelenmiştir. Kastamonu

yöresinde yapılan çalışmada 30 farkı üretim bölmesi baz alınmış ve değerlendirilmiştir. Elde edilen en düşük kalsiyum değerinin 19,44 ppm değerinde olduğu, en yüksek kalsiyum değerinin ise 43,77 ppm değerinde olduğu görülmüştür. Bu çalışmada 5 örneklem noktası içerisinde en düşük kalsiyum değeri 0,52 mg/lit, en yüksek kalsiyum değeri ise 0,96 mg/lit olarak ölçülmüştür.

Verilen örnekler su kalitesi için ölçülen parametrelerini ağaç türleri, yetişme ortamı koşulları, arazi kullanım amacı gibi etmenlerin su kalitesini etkilediğini ortaya koymaktadır. Öncelikle ülkemizdeki gibi doğaya yakın orman işletmeciliğinin hedeflendiği, gübreleme ve zararlılara karşı kimyasal mücadele gibi kirletici unsurların kullanılmadığı, bunun yerine biyolojik ve mekanik mücadelenin yapıldığı, erozyonun engellenerek sediment miktarının en aza indirildiği sular ormanlardan gelmektedir. Suyu temizleyen, iyileştiren mikro organizmalara en iyi beslenme ve barınma ortamını orman ekosistemleri sunmaktadır(Tuncer ve Kaya,2010). Tarım arazisinde kullanılan amonyum, nitrat, sülfat ağırlıklı değerler yıkanmayla birlikte taban suyuna karışmakta ve suyun kalitesini etkilemektedir. Örneğin Japonya’da madencilik faaliyetleri sırasında açığa çıkan kadmiyum ağır metalinin içme suyu ve tarım topraklarına bulaşması nedeniyle 1910-70 yılları arasında “itai-itai” olarak bilinen kemik erimesi ve böbrek çalışmazlığı hastalığı toplumu etkilemiştir Karaca & Turgay,2012). Orman örtüsü içerisinde bulunan sularda ise su kalitesini etkileyen parametreler ağaç türlerinin farklılığı, toprak yapısı gibi daha çok doğal etmenlerdir. Ormanları oluşturan ağaç türlerinin ibrelili veya yapraklı oluşu da su üretiminde etkilidir. Bu nedenle özellikle su üretim havzalarında yapılan ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak ağaç türüne dikkat etmek gerekir(Tuncer ve Kaya,2010). Tarım arazilerinde mevsim sonlarında anız yakılmaları görülmektedir. Hatalı şehirleşme ve sanayileşme, arazilerin çok küçük parçalara bölünmesi sonucunda eğimi yönünde yapılan sürüm, nadas sistemi uygulanması, anızların yakılması, gerektiğinden fazla tarımsal ilaç ve gübre kullanılması, arıtılmamış evsel ve endüstriyel atık suların sulama suyu olarak kullanılması, çöpler ve çöplükler, endüstriyel diğer alıklar, madenler ve maden ocakları, yol yapımları ve inşaatlar, radyoaktif maddeler, asit yağmurları gibi faktörler toprakta kirlilik sorunları doğurmaktadır(Güler & Çobanoğlu,1997). Toprağın kirlenmesi sonucu infiltrasyon ile taban suyuna inecek olan suyun kirlenmesine yol açacaktır.

Volkan patlamalarında atmosfere bol miktarda su buharı, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) salınır. Bununla birlikte, karbonmonoksit (CO) gibi diğer gazlardan da çeşitli miktarlarda salınımlar meydana gelebilir. Kükürtdioksit asit yağmurlarının oluşması

bakımından çok önemli bir gazdır. Yanardağ patlamalarından sonra dünyanın çeşitli bölgelerde önemli asit yağmurları meydana gelmiştir(Tmmob,2010). Volkan patlamaları sonrası meydana gelen asit yağmurları su kalitesini ve dolayısı ile canlıları etkilemektedir.



## 5. ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Kentsel Yeşil Alanların Su Kalitesi Üzerine Etkisi araştırılmıştır. Kentsel yeşil alan içerisinde bulunan ağaç türlerinin kontrol parseli ile arasındaki ilişkileri incelenmiş ve irdelenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre;

İçme sularında bulunan pH değerinin nötre yakın olması tercih edilmektedir. Açık alan kontrol noktasında elde edilen ortalama değer diğer örneklem noktalarında bulunan değerlerden daha yüksek ve nötre yakın çıkmıştır. Meşcere çatısına çarpan ve topraktan filtrelenen yağış suyu pH değerleri açık alana düşen yağış suyu değerlerinden daha asidik çıkması, içme suyu kalitesi olarak açık alan değerlerinin kullanılabilirliği göstermiştir. Fakat bir suyun kalitesini sadece pH değeri ile ölçmek mümkün değildir.

Fıstıkçanı meşcere altı örneklem noktaları içerisinde aylık, dolayısıyla da mevsimlik olarak örneklem noktaları arasındaki en yüksek değerleri vermektedir. Bir suyun kaliteli olabilmesi için DSÖ, TSE gibi kurumsal yerlerin kabul edilebilir değerleri vardır. Yapılan çalışmada bu değerler bazı aylarda fıstıkçanı örneklem noktasında yüksek çıkarken adı porsukta kabul edilebilir bir değerde çıkmaktadır.

İçme suyu kalitesine yönelik yapılacak bir ağaçlandırma çalışmasında kullanılacak ağaç türü ile kullanma suyuna yönelik yapılacak bir ağaçlandırma çalışmasında kullanılacak ağaç türü farklı olabilmektedir. Yapılan bu çalışma ibrelili türler arasındaki su kalitesini ortaya koymuştur.

Elektriksel iletkenlik değeri yağış suyunun değdiği yüzeylerden etkilenebilir, farklı değerler verebilir. Bu değerlendirme çalışma örneklem noktalarımızda bulunan değerler ile desteklenmiştir. Açık alan örneklem noktasında elde edilen ortalama elektriksel iletkenlik değeri diğer örneklem noktalarının elektriksel iletkenlik ortalama değerlerinden 5 ile 27 kat az çıkmaktadır. Yağmur suyunun değdiği yüzey elektriksel iletkenliğini etkilediği gibi arazi kullanımları da suyun elektriksel iletkenliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Yapılan çalışma bizlere toplam çözünmüş katı madde miktarının açık alan ve meşcere altı örneklem noktalarındaki değerlerin topraktan filtrelenen örneklem noktası değerlerden daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu çalışma ile toprağa değen ve infiltre olan suyun, ana kaya yapısına da bağlı olarak çözünmüş madde miktarını arttırdığı söylenebilir.

Amonyumun bu çalışmada yıllık ortalama değeri örneklem noktaları içerisinde birbirine çok yakın çıkmıştır. Suların ortalama tat ve koku miktarlarının aynı değerlerde

olduğu amonyum açısından söylemek mümkündür. Amonyum miktarının litre başına ortalama 0,16 mg değerinde bulunması ölçülen noktalarda zengin orman tabakası bulunmadığını gösterir.

Klorun yıllık ortalama değerinin en düşük açık alanda çıkması, örneklem noktalarında bulunan farklı türler ve dolaylı olarak etki eden diğer maddelerin klor miktarını etkilediğini göstermiştir. Aynı zamanda açık alan örneklem noktasında ölçülen en düşük klor miktarı yağmur sularının düşük klor içerdiğini doğrulamıştır. Örneklem noktalarının ortalama aylık demir miktarları incelendiğinde 0,40 mg/l olarak hesaplandığı görülmektedir. Demir konsantrasyonu açısından elde edilen demir miktarlarının insan sağlığına içme suyu potansiyeli için herhangi bir sağlık sorunu oluşturması mümkün görülmemektedir. Ölçülen sularda belirgin bir demir tadı almak mümkündür.

Hesaplanan ortalama nitrat değerleri içme suyu ve kaynak suları için belirtilen değerin altında çıkmıştır. Elde edilen değerler suyun nitrat bakımından uygun olduğunu göstermiştir. İlkbahar döneminde fıstıkçanı meşcere altı örneklem noktasından hesaplanan ortalama nitrat değeri bebekler için sınır değerinde çıkmıştır. Açık alan örneklem noktasından elde edilen ortalama nitrat değeri diğer örneklem noktalar içerisinde en düşük değerinde çıkmıştır. Ağaç türü meşcere çatısının ve toprak özelliklerinin nitratı etkilediğini söylemek mümkündür.

TSE standartlarında suda bulunabilecek en yüksek sülfat değeri 250 mg/l olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen ortalama sülfat değerleri 250 mg/l değerinin altında çıkmaktadır. Sülfat bakımından yapılan değerlendirmede örneklem noktalarından elde edilen verilerin su kalitesi yönünde kaliteli olduğunu söylemektedir.

Kalsiyum su kalitesi parametrelerinde suyun sertliğini tayin etmek için kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada örneklem noktaları içerisinde en düşük kalsiyum ortalaması açık alan değerinde hesaplanmıştır. Fıstıkçanı meşcere altı ortalama değeri diğer örneklem noktalarından yüksek çıkmıştır. Bu durum fıstıkçanı ibrelerinin ve ağaç türünün kalsiyum değeri içerdiğini göstermektedir. Fıstıkçanı topraktan infiltre olan değerinin daha düşük çıkması ise toprakta yıkanma sonucu kalsiyumun toprakta tutulduğunu, suya karışmadığını göstermiştir.

Örneklem noktalarında ortalama magnezyum değerleri 50-60 mg/l olarak hesaplanmıştır. Bu değerler bizlere suyun tadının acı olmadığını göstermektedir. Fakat içme suyu olarak kullanılması önerilmemektedir. Kullanılması durumunda ishal etkisi göstermesi mümkündür. Sabun ile birlikte kullanımı sırasında fazla köpürme durumu görülebilir.

TSE ve WHO'ya göre içme sularında bulunabilecek en yüksek potasyum değeri 12 mg/lt olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada örneklem noktalarından elde edilen ortalama değerlerin ortalaması 12 mg/lt değerinden çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Ölçümü yapılan suların içme suyu olarak kullanılması potasyum etkisinden dolayı mümkün değildir. Kullanılması durumunda ciddi sağlık problemleri görülmesi mümkündür.



## 6. KAYNAKLAR

- Acar, O. M., 2021. Demiryazı Göleti (Sivas)'nin Su Kalitesinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Alptekin, S., 2018. Ordu Akçaova Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Anaç, S., 2004. Sulama Suyu Kalitesi, Ders Notları, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.
- Asan, Ü., ve Şengönül K., 1987. Orman Formlarının Fonksiyonel Açından Karşılaştırılması. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, B, 37, 6.
- Atay, İ., 1988. Kent Ormanları ve Çevre ile Etkileşimleri. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, B, 40, 1-5.
- Balcı, N., ve Özyuvacı, N., 1976. Variation in Suspended Sediment and Outflow of Some Chemicals as Related to Precipitation and Stream Flow in Arnavutköy Creek Near İstanbul. *Mitteilungen Der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, Österreichischer Agrarverlag 1014 Wien.*
- Banner, E., Stahl, A., ve Dodds, W. 2009. Stream discharge and riparian land use influence in-stream concentrations and loads of phosphorus from central plains watersheds. *Journal of Environmental Management*, 44, 552-565.
- Barıs, E.M., Yazgan, E.M., ve Sahin, S. 2004. Açık Alanların Ankara Kentinde Kent iklimi ve Hava Kalitesi Üzerine Etkileri Üzerine Bir Arastırma. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, s, Ankara.
- Bartram, J. and Ballance, R., 1996. *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes.* 1996 UNEP/WHO, ISBN 0 419 22320 7 (Hbk) 0 419 21730 4 (Pbk).
- Beatson, C.G. 1978. Methaemoglobinaemia: nitrates in drinking water. *Environ. Health* 86, 31.
- Beattie, J., Kolin, C., ve Moll, G., 2000. Trees help cities meet clean water regulations. [www.americanforests.org/pdf](http://www.americanforests.org/pdf). 24 Mart 2021.
- Binkley, D., D.H. Burnham, ve H.L. Allen. 1999. Water quality impacts of forest fertilization with nitrogen and phosphorus, *For. Ecol.Manag.* 121, 191-213.
- Bitki Beslenmesi, Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü.

- Bolund, P., ve Hunhammar, S. 1999. Ecosystem services in urban areas, *Ecological Economics*, 29, 2, 293-301.
- Boysan, F., ve Şengörür, B. 2009. SU SERTLİĞİNİN İNSAN SAĞLIĞI İÇİN ÖNEMİ. *Sakarya University Journal of Science*, 13, 1, 7-10.
- Breemen, N., Burrough, P.A., Velthorst, E.J., van Dobben, H.F., de Wit, T., Ridder, T.B., Reijnders, H.F.R., 1982: Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. *Nature International Journal of Science*, 299, 548–550.
- Broecker, Et tu, O2? 21stC, The World of Research at Columbia University, Special Issue, Biospheres, <http://www.columbia.edu/cu/21stC/issue-2.1/broecker.htm>, 23 Haziran 2021.
- Bruch, S.P., 2006. EnvironmentalEquity of Lansing’s Urban Park Policy, Michigan State University Department of Geography, DoctorateThesis.
- Bruch, S.P., 2006. EnvironmentalEquity of Lansing’s Urban Park Policy, Michigan State University Department of Geography, DoctorateThesis.
- C. B. Coulter, R. K. Kolka, ve J. a Thompson., 2004. “Water quality in agricultrual, urban, and mixed land use watersheds,” *J. Am. Water Resour. Assoc.*,40, 6, 1593–1601.
- Chi, X., 2008. Hydrogeological Assessment of Stream Water in Forested Watersheds: Temperature, Dissolved Oxygen, pH, and Electrical Conductivity. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master of Science in Forestry In the Graduate Academic Unit of Forestry and Environmental Management.
- Çepel, N., ve Ergün, C, 2003. Suyun Önemi ve Ekolojik Sorunları, *Tema Vakfı Yayınları*, 1-13.
- Çepel, N., 1975. Orman Yangınlarının Mikroklima ve Toprak Özellikleri Üzerine Yaptığı Etkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B, XXV, I.
- Çitgez, T., 2017. Farklı Arazi Kullanım Yoğunluğundaki İki Havzanın Su Verimi Ve Kalitesinin Araştırılması. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (DOKTORA TEZİ), Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Dede, T.Ö. ve Sezer, 2017. M. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 32, 3, 909-917.
- Delisle, C.E. and Schmidt, J.W. 1977. The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada. In *Sulphur and its inorganic derivatives in the Canadian environment*. Ottawa, Ontario, National Research Council of Canada, 15015.

- Dumont, H.J. 1999. The species richness of reservoir plankton and the effect of reservoirs on plankton dispersal (with particular emphasis on rotifers and cladocerans). In: J.G. Tundisi and M. Straskraba (Eds.), *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. IIE, Backhuys Publishers, Brazilian Academy of Science: 477-491.
- Dündar, M., 2007. Su Kaynaklarının Uluslararası Sorun Oluşturması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ SBE, Uluslararası İlişkiler, ABD, Uluslararası İlişkiler Programı, Trabzon, 157 s.
- Dündar, M. 1987. Toprak organik maddesi ve ekolojik yönden önemi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 37, 1.
- Dwyer, J.F., McPherson, E.G., Schroeder, H.W., ve Rowntree, R.A., 1992. Assessing the benefits and costs of the urban forest. Journal of Arboriculture, 18, 5.
- Eriksson, H.M., Jönsson, C., 1994. Four Tree Species and the Calcium, Magnesium, and Potassium Budgets of a Swedish Forest Site. Dept of Forest Soils, Swedish University of Agricultural Sciences, 7001, S-750 07 Uppsala, Sweden, Dept of Chemical Engineering II, Lund University, 124, S-221 00 Lund, Sweden.
- Fang, C.F., Ling D.L., 2003. Investigation of the Noise Reduction Provided by Tree Belts. Landscape and Urban Planning, 63, 187–195.
- Fangmeier, A., Hadwiger-Fangmeier, A., Van der Eerden, L., ve Jäger, H. 1994. Effects of atmospheric ammonia on vegetation—A review. *Environmental Pollution*, 86, 1, 1994, 43-82.
- Federer, C., 1989. Trees Modify the Urban Microclimate, Journal of Arboriculture, 2, 7, 121–127.
- Feller, M.C., 2005. Forest harvesting and stream water inorganic chemistry in western North America: a review. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 41, 4, 785–811.
- Feller, M.C., 2008. Deforestation and nutrient loading to fresh waters. In: *Encyclopedia of inland waters*. G.E. Likens. Elsevier, Academic Press, New York, N.Y.
- Görcelioğlu, E. 1992. Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B, 42, 1-2.
- Görcelioğlu, E. 1992. Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri. I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B, 42, 1-2.
- Gökmen, S., Genel Ekoloji, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2007.
- Griffith, J.A., 2002. Geographic techniques and recent applications of remote sensing to landscape-water quality studies, *Water Air Soil Pollut*, 138, 1-4, 181-197,17.

- Güler, Ç., ve Çobanoğlu, Z. 1997. Toprak kirliliği, TC Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 40.
- Gyawali, S., Techato, K., Monprapussorn, S., ve Yuangyai, C., 2013. Integrating Land Use and Water Quality for Environmental Based Land Use Planning for U-tapao River Basin, Thailand, PSU-USM International Conference on Humanities and Social Sciences, Procedia Social and Behavioral Sciences 91, 556 – 563.
- Gyawali, S., Techato, K., Monprapussorn, S., ve Yuangyai, C., 2013. Integrating Land Use and Water Quality for Environmental Based Land Use Planning for U-tapao River Basin, Thailand. PSU-USM International Conference on Humanities and Social Sciences, Procedia Social and Behavioral Sciences 91, 556 – 563.
- Harr, R.D. ve R.L. Fredriksen, 1988. Water quality after logging small watersheds within the Bull Run watershed, Oregon. *Water Resour*, 24, 5, 1103–1111.
- Harper D. 1992. *Eutrophication of Freshwaters, Principles, Problems and Restoration* London, Chapyen Hall, 78.
- Hart, R., 1997. *Children's Participation, The Teory and Practice of Involving Young Citizens in Community Development and Environmental Care*. In: Sattertwate, Earthscan Publications, London.
- Hayashi, M. ve Rosenberry, D. 2001. Effects of groundwater exchange on the hydrology and ecology of surface water, *The Japanese Journal of Groundwater Hydrology*, 43, 327-341.
- Health Canada, 1978. Total dissolved solids, In: *Guidelines for Canadian drinking water quality, supporting documents, Health Can. Online Fact Sheet, [www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/tdsmdt/tds-mdt-ng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/tdsmdt/tds-mdt-ng.pdf)*. 03 Şubat 2021.
- Health Canada, 1978. Total dissolved solids, In: *Guidelines for Canadian drinking water quality, supporting documents, Health Can. Online Fact Sheet, [www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/tdsmdt/tds-mdt-ng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/tdsmdt/tds-mdt-ng.pdf)*. 03 Şubat 2021.
- Hem D.J., 1971. *Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water*, U.S. Geological Survey Water Supply Paper. US Government Printing Office, Washington.
- Hinsinger, P., 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes, *237, 2*, 173–195.
- HSW. 2016. How much oxygen does a person consume in a day? Retrieved from <http://health.howstuffworks.com/human-body/systems/respiratory/question98.htm>. 04 Şubat 2021.

- Hudson, R. and J. Fraser. 2005. Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement Part IV, the mass balance (or dry injection) method. *Streamline Watershed Manag.* 9, 1, 6–12. [www.forrex.org/publications/streamline/ISS30/streamline\\_vol9\\_no1\\_art2.pdf](http://www.forrex.org/publications/streamline/ISS30/streamline_vol9_no1_art2.pdf). 05 Şubat 2021.
- Hüttl, R.F. and Schaaf, W., 1997. *Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems*, Springer Science+Business Media, B.V., ISBN 978-94-010-6272-5, DOI 10.1007/978-94-011-5402-4, ISBN 978-94-011-5402-4.
- J. J. Mosher, G. C. Klein, A. G. Marshall, ve R. H. Findlay, 2010. “Influence of bedrock geology on dissolved organic matter quality in stream water,” *Org. Geochem*, 41, 11,1177–1188.
- J. Kibena, I. Nhapi, ve W. Gumindoga, 2014. “Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe,” *Phys. Chem. Earth*, vol. 67–69, pp. 153–163.
- Kaplan, M., Sönmez, S., ve Tokmak, S. 1999. Antalya-Kumluca yöresi kuyu sularının nitrat içerikleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 3, 309-313.
- Karaca, A., ve Turgay, O. C. 2012. Toprak kirliliği, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1, 1, 13-19.
- Kezik, U., Hacısalihoglu, S. 2022. Water Quality Alterations from Canopy to Soil Pathway in Forest Ecosystems, *Fresenius Environmental Bulletin*, 31, 04, 4068-4081
- K. L. Knee and A. C. Encalada, 2014. “Land use and water quality in a rural cloud forest region (Intag, Ecuador),” *River Res. Appl.*, 30, 3, 385–401.
- Lemanceau, P., Bauer, P., Kraemer, S., ve Briat, J., 2009. Iron dynamics in the rhizosphere as a case study for analyzing interactions between soils, plants and microbes, 321,513–535.
- Levent, T.B., ve Nijkamp, P., 2005. Evaluation of Urban Green Spaces. Beyond Benefit Cost Analysis, Accounting for Non-market Values in Planning Evaluation, 63-87.
- M. B. Rothenberger, J. M. Burkholder, ve C. Brownie, 2009. “Long-term effects of changing land use practices on surface water quality in a coastal river and lagoonal estuary,” *Environ. Manage*, 44, 3, 505–523.
- McPherson, E.G., 2003. Benefits of urban forest, *The Journal of The Society of Municipal Arborists*, 39, 3.
- Megersa, T. ve Tullu, T., 2018. Effects of Land Use/Cover Type On Surface Water Quality, In The Case Of Chancho and Sorga Watershed, East Wollega Zone, Oromia, Ethiopia, Center for Environmental Science, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia, Research Article, 12, 4.

- Miranda, L.E. 2008. Extending the Scale of Reservoir Management, In, M. Allen and S. Sammons, Balancing fisheries management and water uses for impounded river systems, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, U.S.A.
- Moore, R.D., G. Richards, ve A. Story., 2008. Electrical conductivity as an indicator of water chemistry and hydrologic process, *Streamline Watershed Manag*, 11, 2, 25–29. [www.forrex.org/publications/streamline/ISS37/streamline\\_vol11\\_no2\\_art5.pdf](http://www.forrex.org/publications/streamline/ISS37/streamline_vol11_no2_art5.pdf). 6 Mart 2021.
- Moore, R.D., 2004. Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement, Part 1, *Streamline Watershed Manag* 7, 4, 20–23. [www.forrex.org/publications/streamline/ISS27/streamline\\_vol7\\_no4\\_art5.pdf](http://www.forrex.org/publications/streamline/ISS27/streamline_vol7_no4_art5.pdf). 6 Mart 2021.
- Moore, R.D., 2004. Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement, Part 2, Constantrate injection, *Streamline Watershed Manag*, 8, 1, 11–15, [www.forrex.org/publications/streamline/ISS28/streamline\\_vol8\\_no1\\_art3.pdf](http://www.forrex.org/publications/streamline/ISS28/streamline_vol8_no1_art3.pdf). 6 Mart 2021.
- Mustapha, M.K., 2008. Assessment of the Water Quality of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria, Using Selected Physico-Chemical Parameters, University of Ilorin, Department of Zoology, Pmb 1515, Ilorin, Nigeria, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8, 309-319.
- Mutlu E., Yanik T., ve Demir T., 2013. Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 25, 45-57.
- Mutlu, E., ve Aydın Uncumusaoğlu, A., 2016. Physicochemical Analysis of Water Quality of Brook Kuruçay, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4, 991-998.
- Nowak, D.J., J.C. Stevens, S.M. Sisinni, ve C.J. Luley., 2002. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide, *Journal of Arboriculture*, 28, 113–122.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., ve Ibarra, M., 2002. Brooklyn's Urban Forest, USDA Forest Service Gen. Tech. Rep, 290. 107.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., ve Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, *Urban Forestry and Urban Greening*, 4, 115-123.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., ve Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, *Urban Forestry and Urban Greening*, 4, 115-123.
- Nowak, D.J., ve D.E. Crane., 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA, *Environmental Pollution*, 116, 381–389.

- Nowak, D.J., Crane, D.E., ve Stevens, J.C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, *Urban Forestry and Urban Greening*, 4, 115-123.
- Özyuvacı, N., 1993. Su Kalitesinin Tayininde Kullanılan Parametreler Ve Orman Ekosistemleri İle Ormancılık Uygulamalarının Bunlar Üzerindeki Etkileri, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, B, 43, 1-2.
- Özyuvacı, N., 1993. Su Kalitesinin Tayininde Kullanılan Parametreler ve Orman Ekosistemleri ile Ormancılık Uygulamalarının Bunlar Üzerindeki Etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B, 43, 70-83.
- Petterset, K., Elands, B., ve Buijs, A., 2009. Social interactions in urban parks, Stimulating social cohesion, *Urban Forestry ve Urban Greening*, 9, 2, 93-100.
- Pike, R.G., Feller, M.C., Stednick, J.D., Rieberger, K.J., ve Carver, M., 2009. Chapter 12, Water Quality and Forest Management.
- Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K., ve Donovan, R., 2003. Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling, *Social Science & Medicine*, 56, 8, 1693-1703.
- Pitt, R., Clark, S., & Field, R. (2009). Groundwater contamination potential from stormwater infiltration practices, *Journal of Urban Water*, Vol. 1, 217-236.
- Pitt, R., Clark, S., ve Field, R. 2009. Groundwater contamination potential from stormwater infiltration practices, *Journal of Urban Water*, 1, 217-236.
- Roberts, S.K. ve Tester, M. 1995. Inward and outward K<sup>+</sup> selective currents in the plasma membrane of protoplasts from maize root cortex and stele, 8, 811–825.
- Sanisa, G., Laforteza, R., Bonnes, M., ve Carrus, G., 2006. Comparison of two different approaches for assessing the psychological and social dimensions of green spaces, *Urban Forestry ve Urban Greening*, 5, 121–129.
- Sawyer, C.N. ve McCarty, P.L., 1985. *Chemistry for Environmental Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 532.
- Scatena, F.N. 2000. Drinking water quality, Drinking water from forests and grasslands, a review of the scientific literature, G.E. Dissmeyer, U.S. Dep. Agric. For. Serv, S.E. For. Exp. Stn, Asheville, N.C. Gen. Tech. Rep, 39, 7–25.
- Sherer, P.M., 2006. The Benefits of Parks, Why America Needs More City Parks and Open Space, The Trustfor Public Land, White Paper.
- Sherer, P.M., 2006. The Benefits of Parks, Why America Needs More City Parks and Open Space, The Trustfor Public Land, White Paper.
- Sherer, P.M., 2006. The Benefits of Parks, Why America Needs More City Parks and Open Space, The Trustfor Public Land, White Paper.

- Sommer, R., 1994. Social Benefits of Resident Involvement in Tree Planting, *Journal of Arboriculture*, 20, 6, 323–328.
- Suların Analiz Parametreleri, 2011. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı, Ankara.
- Swanwick, C., Dunnett, N. ve Woolley, H. 2003. Nature, role and value of green space in towns and cities, an overview, *Built Environment*, 29, 2, 94-106.
- Şahin, S., ve Barış, M., 1998. Kentsel Doku İçerisinde Açık ve Yeşil Alan Standartlarını Belirleyen Etmenler, *Peyzaj Mimarlığı Dergisi*, İstanbul.
- Şen, G, S., 2021. Kastamonu Yöresi Ormancılık Uygulamalarının Su Kalitesine Etkisi, Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Kastamonu.
- Taş, B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi, *Ekoloji*, 15, 61, 6-15.
- Tepe, Y., ve Boyd, C.E., 2001. A sodium-nitrate-based, water-soluble, granular fertilizer for sport fish ponds, *North American Journal of Aquaculture*., 63, 328-322.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., ve Töre, Y., 2006, Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23, 1, 1, 149-154, Mustafa Kemal Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Antakya, Hatay, Türkiye.
- Tmmob, 2010. Meteoroloji MO'dan İzlanda Volkan Patlaması Üzerine Basın Açıklaması.
- Tuncer, M.M., ve Kaya, Ö.N., 2010. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, II, 625-640.
- Tuncer, M.M., ve Kaya, Ö.N., 2010. Orman e-ve Su Kaynakları, Orman ve Su Ekosistem İlişkisi.
- Turner, J., Johnson, D. W., ve Lambert, M. J., 1980. Sulphur cycling in a Douglas-fir forest and its modification by nitrogen application, *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum* 1, 1, 27-35, 25.
- URL-1, <https://www.sumakpompa.com/tr/4-kisilik-bir-dairenin-gunluk-su-tuketimi-hesaplama>. 26 Kasım 2022.
- URL-2, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197#:~:text=Belediyeler%20taraf%C4%B1ndan%20i%C3%A7me%20ve%20kul lanma,221%20litre%20oldu%C4%9Fu%20tespit%20edildi>. 08 Ağustos 2022.
- Van Drecht, G., Bouwman, A.F., Knoop, J.M., Beusen, A.H.W., ve Meinardi, C.R., 2003. Global modeling of the fate of nitrogen from point and nonpoint sources in soils, groundwater, and surface water <https://doi.org/10.1029/2003GB002060.pdf>.

- Yılmaz, S., Bulut Z., Yeşil P., 2006. Kent Ormanlarının Kentsel Mekana Sağladığı Faydalar Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 37, 131-136.
- Yu, S., Xu, Z., Wuc, W., ve Zuoa, D., 2016. Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin, China, *Ecological Indicators*, 60, 202–212, journal homepage.
- Wang, R., Xu, T., Yu, L., Zhu, J., ve Li, X., 2013. Effects of land use types on surface water quality across an anthropogenic disturbance gradient in the upper reach of the Hun River, Northeast China, *Environ, Monit, Assess.*, 185, 5, 4141–4151.
- Wolch, J.R., Byrne, J., ve Newell, J.P., 2014. Urban green space, public health, and environmental justice, The challenge of making cities ‘just green enough, *Landscape and Urban Planning*, 125, 234-244.
- World Health Organization (WHO), 2004. *Guidelines for Drinking-water Quality, Third Edition, 1, Recommendations.*
- World Health Organization (WHO), 2004. *Guidelines for Drinking-water Quality, Third Edition, 1, Recommendations.*

## ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Borçka ilçesine bağlı bir köy okulunda tamamladıktan sonra lise öğrenimini Artvin’de tamamladı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2018 yılında eğitimini tamamlayarak mezun oldu. Orman Mühendisi ünvanı ile birçok ilde ağaçlandırma, silvikültür ve yol şebeke plan yapım faaliyetlerinde bulundu. 2019 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Havza Amenajmanı Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2020 yılı itibari ile Orman Genel Müdürlüğü’ne bağlı taşra teşkilatında işletme şefi olarak görev yapmaktadır.

Ferhat YELKENCİ orta derece İngilizce bilmektedir.