

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞU KARADENİZ SAHİL YOLU BOYUNCA *Camellia sinensis*
var. *sinensis* (L.) KUNTZE (ÇAY)' DE AĞIR METAL
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

PINAR UZUNER

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. ALİ BİLGİN

TEZ JÜRİLERİ

PROF. DR. VAGİF ATAMOV

DOÇ. DR. NESLİHAN SARUHAN GÜLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BIYOLOJİ ANABİLİM DALI

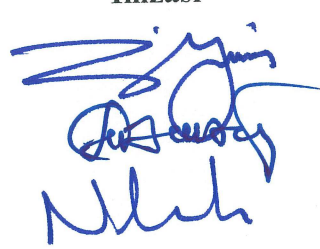
RİZE-2015

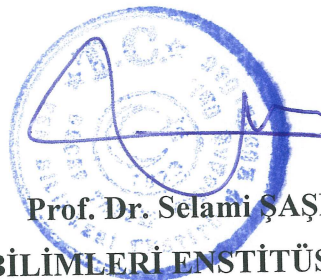
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU KARADENİZ SAHİL YOLU BOYUNCA *Camellia sinensis* var. *sinensis*
(L.) KUNTZE (ÇAY)' DE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Prof. Dr. Ali Bilgin'in danışmanlığında, Pınar Uzuner tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 14/07/2015 tarihinde Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan :	Prof. Dr. Ali BİLGİN	
Üye :	Prof. Dr. Vagıf ATAMOV	
Üye :	Doç. Dr. Neslihan SARUHAN GÜLER	



Prof. Dr. Selami ŞAŞMAZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz Sahil Yolu Boyunca *Camellia sinensis* var. *sinensis* (L.) Kuntze (Çay)’de Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması” konulu bu çalışma 2014-2015 eğitim öğretim yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı’nda “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmalarım süresince çalışmamın düzenlenmesi, gerçekteştirilmesi ve değerlendirilmesinde katkılarıyla beni yönlendiren, bana yol gösteren ve beni destekleyen, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım çok değerli sayın hocam Prof. Dr. Ali BİLGİN’e teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca öneri ve yardımlarını esirgemeyerek katkıda bulunan Biyoloji Bölümü’nün değerli hocalarına teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan ve çalışmalarımda manevi desteklerini esirgemeyen eşim Olcay UZUNER ve ablam Dr. Derya ERYILMAZ’a teşekkür ederim. Yardımlarından dolayı Arş. Gör. şule GÜZEL’e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında tüm sıkıntılı anlarımda benim yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen annem Nurten KANIK, babam Mümtaz KANIK, kardeşim Okan Tolga KANIK’a teşekkürlerimi sunarım.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2013.102.03.05 numaralı proje ile desteklenmiştir.

PINAR UZUNER

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Doğu Karadeniz Sahil Yolu Boyunca *Camellia sinensis* var. *sinensis* (L.) Kuntze (Çay)’de Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemleri kabul ettiğimi beyan ederim. 12/08/2015

PINAR UZUNER

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doğu Karadeniz Sahil Yolu Boyunca *Camellia sinensis* var. *sinensis* (L.) Kuntze (Çay)' de Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması

Pınar UZUNER

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Prof. Dr. Ali BİLGİN

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nde tarımı yapılan, Türkiye için büyük bir ekonomik değeri olan ve dünyada sudan sonra en fazla tüketilen içecek olan çay, araştırma materyali olarak seçilmiş ve çay yapraklarında trafik faktörüne bağlı olarak ağır metal birikiminin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla Artvin-Kemalpaşa'dan başlayarak Giresun'un Tirebolu ilçesine kadar Karadeniz sahil yolu boyunca sekiz farklı lokaliteden ve trafiğin olmadığı Karadeniz sahil yoluna uzak sekiz farklı lokaliteden çay ve toprak numuneleri alınmıştır. Bütün lokalitelerden sürgün dönemlerinde (Mayıs, Haziran, Ağustos) numuneler toplanmış, 60°C de kurutulmuş ve mikrodalga fırında yakıldıktan sonra ICP-OES cihazında Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Zn ve Mn değerleri okunmuş ve sonuçları SPSS paket programıyla değerlendirilmiştir.

Sonuçta Karadeniz sahil yolu kenarından ve trafikten uzak bölgelerden alınan numuneler arasında Ni, Cu ve Zn bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0.01$) tespit edilmiştir. Üç element için de trafiğin olduğu lokalitelerdeki ağır metal konsantrasyonları trafiğin olmadığı lokalitelerden daha fazladır. Diğer elementlerde çoğunlukla trafiğin olduğu alanlardaki ağır metal konsantrasyonları trafiğin olmadığı alanlardan daha fazla bulunmuştur. Ancak istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Aynı şekilde Karadeniz sahil yolu kenarından seçilen bütün lokalitelerin topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları trafiğin olmadığı lokalitelerden alınan topraklardan daha fazladır.

Çay yapraklarını yıkamanın ağır metal içeriğini değiştirip değiştirmeyeceği araştırılmış ve özellikle Fe yönünden önemli sonuçlar elde edilmiştir. Yaprakları yıkanan numunelerde Fe içeriğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

2015, 92 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Trafik, Egzoz gazı, *Camellia sinensis*

ABSTRACT

Assessment of Heavy Metal Pollution in *Camellia sinensis* var. *sinensis* (L.) Kuntze (Tea) Through Eastern Black Sea Coast Road

Pınar UZUNER

**Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology
Master Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Ali BİLGİN**

In this study, *Camellia sinensis* var. *sinensis* which has an economic importance for Türkiye, is cultivated in the Eastern Black Sea Region was selected as research material. It was investigated whether traffic factor causes heavy metal pollution in the tea leaves. For this purpose, tea and soil samples were collected from eight different localities from Artvin-Kemalpaşa to Giresun-Tirebolu district along Black Sea coastal road. Also, tea and soil samples were taken from eight different localities without traffic flow and traffic factor was compared. Samples were collected in shoot period (May, June, August) from all localities, were dried at 60 °C and burned in the microwave. Concentrations of heavy metals (Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Zn and Mn) and statistical analysis were determined using ICP-OES and SPSS software, respectively.

As a result, it was determined statistically important differences ($p < 0.01$) with respect to Ni, Cu and Zn among localities in leaves samples taken from areas without traffic and the Black Sea coastal road and heavy metal concentration of all three elements was high in traffic areas. Generally, heavy metal concentration in traffic areas was higher than in non-traffic areas with respect to other elements. However, there were no statistically important differences. Likewise, heavy metal concentration in soil samples of the all selected localities which were on the side of the Black Sea coast road were higher than in non-traffic localities.

It was investigated whether washing of tea leaves changed heavy metal content and was obtained important results in terms of Fe especially. It found to be lower the iron content in washed leaves samples.

2015, 92 pages

Keywords: Heavy Metal, Traffic, Exhaust Gases, *Camellia sinensis*

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. Kobalt	6
1.1.2. Kurşun	6
1.1.3. Nikel	7
1.1.4. Krom	8
1.1.5. Bakır.....	9
1.1.6. Demir	9
1.1.7. Çinko	10
1.1.8. Mangan	11
1.2. Çay Bitkisinin Sistematığı ve Özellikleri.....	12
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
2.1. Araştırma Alanlarının Genel Özellikleri.....	15
2.2. Yöntem.....	27
2.2.1. Örnekleme Yöntemi.....	27
2.2.2. Laboratuvar Çalışmaları	27
2.2.3. İstatistiksel Analiz	29
3. BULGULAR	30
3.1. Çay Yapraklarının Ağır Metal KonsantrasyonlarınınDeğerlendirilmesi.....	30
3.1.1. Çay Yapraklarının Ağır Metal Konsantrasyonlarının Trafik ve Lokalitelere GöreDeğerlendirilmesi.....	30
3.1.2. Çay Yapraklarının Yıkama Durumuna Göre Değerlendirilmesi.....	45

3.1.3.	Çay Yapraklarının Aylara Göre Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi	50
3.2.	Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi.....	55
3.2.1.	Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonlarının Trafığe Göre Değerlendirilmesi.....	55
3.2.2.	Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonlarının Lokalitelere Göre Değerlendirilmesi.....	59
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	67
5.	ÖNERİLER.....	77
	KAYNAKLAR.....	78
	ÖZGEÇMİŞ.....	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Ağır metallerin doğaya yayınımları.....	4
Şekil 2.	2013 Yılı devlet yolları trafik hacim haritası yıllık ortalama günlük trafik değerleri.....	16
Şekil 3.	Kemalpaşa sahil yolu.....	18
Şekil 4.	Kemalpaşa Osmaniye Köyü.....	18
Şekil 5.	Hopa sahil yolu.....	19
Şekil 6.	Hopa Yoldere Köyü.....	19
Şekil 7.	Ardeşen sahil yolu.....	20
Şekil 8.	Ardeşen Çıraklar Köyü.....	20
Şekil 9.	Çayeli sahil yolu	21
Şekil 10.	Çayeli Maltepe Köyü	21
Şekil 11.	Rize Merkez sahil yolu	22
Şekil 12.	Rize Merkez Köprülü Köyü	22
Şekil 13.	Of sahil yolu	23
Şekil 14.	Of Dumlusu Köyü.....	23
Şekil 15.	Araklı sahil yolu	24
Şekil 16.	Araklı Yolgören bölgesi	24
Şekil 17.	Tirebolu sahil yolu	25
Şekil 18.	Tirebolu Tevekli Köyü.....	25
Şekil 19.	Çalışma alanının genel görünümü	26
Şekil 20.	Mikrodalga Cihazı	28
Şekil 21.	Laboratuvar Çalışması	28
Şekil 22.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Co (ppm) değerleri.....	37
Şekil 23.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Pb (ppm) değerleri.....	37
Şekil 24.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Ni (ppm) değerleri	38
Şekil 25.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Cr (ppm) değerleri.....	38
Şekil 26.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Cu (ppm) değerleri	39
Şekil 27.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Fe (ppm) değerleri.....	39
Şekil 28.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Zn (ppm) değerleri.....	40
Şekil 29.	Trafiğe göre çay yapraklarındaki Mn (ppm) değerleri.....	40
Şekil 30.	Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Co (ppm) değerleri	46

Şekil 31. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Pb (ppm) değerleri.....	46
Şekil 32. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Ni (ppm) değerleri	47
Şekil 33. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Cr (ppm) değerleri	47
Şekil 34. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Cu (ppm) değerleri	48
Şekil 35. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Fe (ppm) değerleri	48
Şekil 36. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Zn (ppm) değerleri.....	49
Şekil 37. Yıkanma durumuna göre çay yapraklarındaki Mn (ppm) değerleri	49
Şekil 38. Aylara göre çay yapraklarındaki Co (ppm) değerleri	51
Şekil 39. Aylara göre çay yapraklarındaki Pb (ppm) değerleri	51
Şekil 40. Aylara göre çay yapraklarındaki Ni (ppm) değerleri	52
Şekil 41. Aylara göre çay yapraklarındaki Cr (ppm) değerleri	52
Şekil 42. Aylara göre çay yapraklarındaki Cu (ppm) değerleri	53
Şekil 43. Aylara göre çay yapraklarındaki Fe (ppm) değerleri	53
Şekil 44. Aylara göre çay yapraklarındaki Zn (ppm) değerleri	54
Şekil 45. Aylara göre çay yapraklarındaki Mn (ppm) değerleri	54
Şekil 46. Trafiğe göre topraklarda Co (ppm) değerleri.....	56
Şekil 47. Trafiğe göre topraklarda Pb (ppm) değerleri.....	56
Şekil 48. Trafiğe göre topraklarda Ni (ppm) değerleri	57
Şekil 49. Trafiğegöre topraklarda Cr (ppm) değerleri	57
Şekil 50. Trafiğe göre topraklarda Cu (ppm) değerleri.....	58
Şekil 51. Trafiğe göre topraklarda Zn (ppm) değerleri.....	59
Şekil 52. Trafiğe göre topraklarda Mn (ppm) değerleri.....	59
Şekil 53. Lokalitelere göre toprakların Co (ppm) değerleri	63
Şekil 54. Lokalitelere göre toprakların Pb (ppm) değerleri	63
Şekil 55. Lokalitelere göre toprakların Ni (ppm) değerleri	64
Şekil 56. Lokalitelere göre toprakların Cr (ppm) değerleri	64
Şekil 57. Lokalitelere göre toprakların Cu (ppm) değerleri	65
Şekil 58. Lokalitelere göre toprakların Zn (ppm) değerleri	65
Şekil 59. Lokalitelere göre toprakların Mn (ppm) değerleri	66

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışma materyallerinin toplandığı lokaliteler.....	17
Tablo 2. Çay yapraklarının trafiğin olduğu alanlar ile trafikten uzak alanların One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.....	32
Tablo3. Çay yapraklarının lokalitelere göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi	34
Tablo 4. Lokalitelerin ağır metal içerikleri (ortalama+standart hata ve Tukey HSD değerleri).....	35
Tablo 5. Çay yapraklarının lokalitelere göre Co yönünden Tukey HSD sonuçları.....	41
Tablo 6. Çay yapraklarının lokalitelere göre Pb yönünden Tukey HSD sonuçları	41
Tablo 7. Çay yapraklarının lokalitelere göre Ni yönünden Tukey HSD sonuçları.....	42
Tablo 8. Çay yapraklarının lokalitelere göre Cr yönünden Tukey HSD sonuçları.....	42
Tablo 9. Çay yapraklarının lokalitelere göre Cu yönünden Tukey HSD sonuçları.....	43
Tablo 10. Çay yapraklarının lokalitelere göre Fe yönünden Tukey HSD sonuçları.....	43
Tablo 11. Çay yapraklarının lokalitelere göre Zn yönünden Tukey HSD sonuçları.....	44
Tablo 12. Çay yapraklarının lokalitelere göre Mn yönünden Tukey HSD sonuçları.....	44
Tablo 13. Çay yapraklarının yıkanıp yıkanmama özelliğine göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.....	45
Tablo 14. Çay yapraklarının aylara Göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi..	50
Tablo 15. Toprakların trafiğe göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.....	55
Tablo 16. Toprakların ağır metal içerikleri (ortalama+standart hata ve Tukey HSD değerleri).....	61
Tablo 17. Toprakların lokalitelere göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi....	62
Tablo18. Lokalitelerden alınan toprakların “Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri” ile karşılaştırılması.....	66

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

α	Alfa
\leq	Küçük eşit
g	Gram
ml	Mililitre
°C	Santigrad derece
%	Yüzde
ppm	Milyonda bir birim
Cr	Krom
Cu	Bakır
Pb	Kurşun
Fe	Demir
Zn	Çinko
Co	Kobalt
Ni	Nikel
Mn	Mangan
HNO₃	Nitrik asit
HCL	Hidroklorik asit
H₂O₂	Hidrojen peroksit
ICP-OES	Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ağır metaller genel bir tanımla, atomik ağırlığı 4g/cm^3 ya da sudan 5 kez daha büyük olan metal ve metaloid grubudur (Hawkes, 1977). Bitkilerdeki zararları incelenirken metal yerine daha çok ağır metal terimi kullanılmaktadır (Ayhan vd., 2006). Periyodik cetvelin, üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan terime ağır metal denir (Şener, 2010). Ağır metal, yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlar da bile toksik veya zehirleyici olan metal anlamındadır (Kahvecioğlu vd., 2006). Bunlar özellikle yoğun antropojenik etmenlerin olduğu alanlarda önemli çevre kirleticileridir (Doğan ve Saygıdeğer, 2009).

Metalleri diğer toksik maddelerden ayıran en önemli özellikleri, insanlar tarafından ne oluşturulabilir ne de yok edilebilir olmalarıdır (Cairns, 1999). Ağır metaller, çok az miktarda bile zararlı etkilere sahip olabilen metallerdir (Bryan, 1989). İnsanlığı tehdit eden kirleticiler arasında; radyoaktif atıklar, petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, pestisitler, sentetik deterjanlar, yapay ve doğal tarımsal gübreler, ağır metaller, bakteri ve virüs gibi hastalık yapıcı canlılar sayılabilir (Şener, 2010). Ağır metaller arasında demir ve bakır gibi metaller bazı canlıların yaşam döngülerinde önemli role sahiptirler ama bazılarının canlılar için hiç bir fizyolojik yararı yoktur, hatta kurşun ve cıva gibi en düşük dozda bile toksik etki yaratmaktadırlar (McCally, 2002). Yüksek derişimlerdeki metallere maruz kalan bitkilerde, “metal zararı” olarak adlandırabileceğimiz yapısal ve işlevsel değişiklikler oluşmaktadır. Metal zararı; metallerin, moleküllere bağlanmasıyla doğrudan, serbest radikal oluşumunu artırmasıyla da dolaylı yoldan meydana gelmektedir (Ayhan vd., 2006).

Ağır metaller toprak, su ve hava gibi ortamlarda yaygın şekilde birikerek ekosistemde yer alan tüm organizmaların sağlığını tehdit eden en önemli çevre sorunlarından biri olarak yerini almıştır (Stresty ve Madhava, 1999). Kirlilik; katı, sıvı ve gaz halindeki kirlenici maddelerin bitkilere, insan sağlığına, yapı malzemelerine ve ekolojik dengeye zararlı etkiler oluşturacak derişimde ve sürede atmosferde bulunmasına denir (Müezzinoğlu, 1987). Ülkemizdeki hızlı sanayileşme ve her geçen

gün artan trafik yoğunluğu diğer kirletici etmenler gibi ağır metallerin de miktarlarını çevrede artırmaktadır. Kirlenen çevre özellikle aktif hareket etme yeteneği olmayan bitkilerde başta ürün kaybı olmak üzere birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000).

Kirli alanlarda, zehirli elementlerin topraktan bitkilere geçişi çok kaygı vericidir (Chojnacka vd., 2005). Ağır metallerin ve madenlerin tarım topraklarındaki birikimi, toprak ekosistemlerindeki zararlı etkilerinin yanı sıra, besin güvenliğindeki sorunları ve potansiyel sağlık risklerini arttırmaktadır. Ağır metallerin insan vücuduna girdiği ana yollarından biride bunları barındıran yiyeceklerin yenmesidir (Guerra vd., 2012). Metallerin toksik etkileri her metalin özelliğine göre değişmektedir (Lagrega, 2004). Ağır metallerin yaşamsal olup olmadığı organizmaya bağlıdır. Örneğin; nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gereken bir elementtir (Kahvecioğlu vd., 2006).

Bitki yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda endüstriyel faaliyetlerin giderek artması ve buna bağlı olarak suların ağır metallerce yoğunlaşması, ortaya çıkan ürünlerin sağlık yönünden son derece tehlikeli olmasına neden olmakta ve bitki üretimini negatif yönde etkilemektedir (Kıran vd., 2014). Bitkiler, fotosentez gibi hayati pek çok faaliyeti gerçekleştiren ve ekosistemin sürekliliği için gereken temel taşlardan en önemlilerindendir (Liu vd., 2008). Bitkiler farklı kaynaklardan toprağa bulaşmış olan derişimlerine bağlı olarak ağır metalleri biriktirmektedir (Vural, 1993). Bitki doku ve organlarında ağır metallerin aşırı birikimi strese neden olmakta, mineral besin alımı, transpirasyon, enzim aktivitesi, büyüme ve gelişme, fotosentez, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi çok sayıda morfolojik ve fizyolojik olayı olumsuz yönde etkilemektedir (Kennedy ve Gonsalves, 1987; Ouzounidou, 1994; Gür vd., 2004). Ağır metallerin bitkilerde birikimi vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz etkiler (Gür vd., 2004). Bunların dışında ağır metallerin sebep oldukları en yaygın sorunlardan biri reaktif oksijen üretimidir. Reaktif oksijenin artışı hücrelerde oksidatif strese sebep olup, yağ peroksidasyonu, hücre membranlarının sökülmesi ve tahrip olması, biyolojik makromoleküllerin bozulması, iyon sızıntısı ve DNA parçalanması gibi negatif durumlara sebep olmaktadır (Zitka vd., 2013).

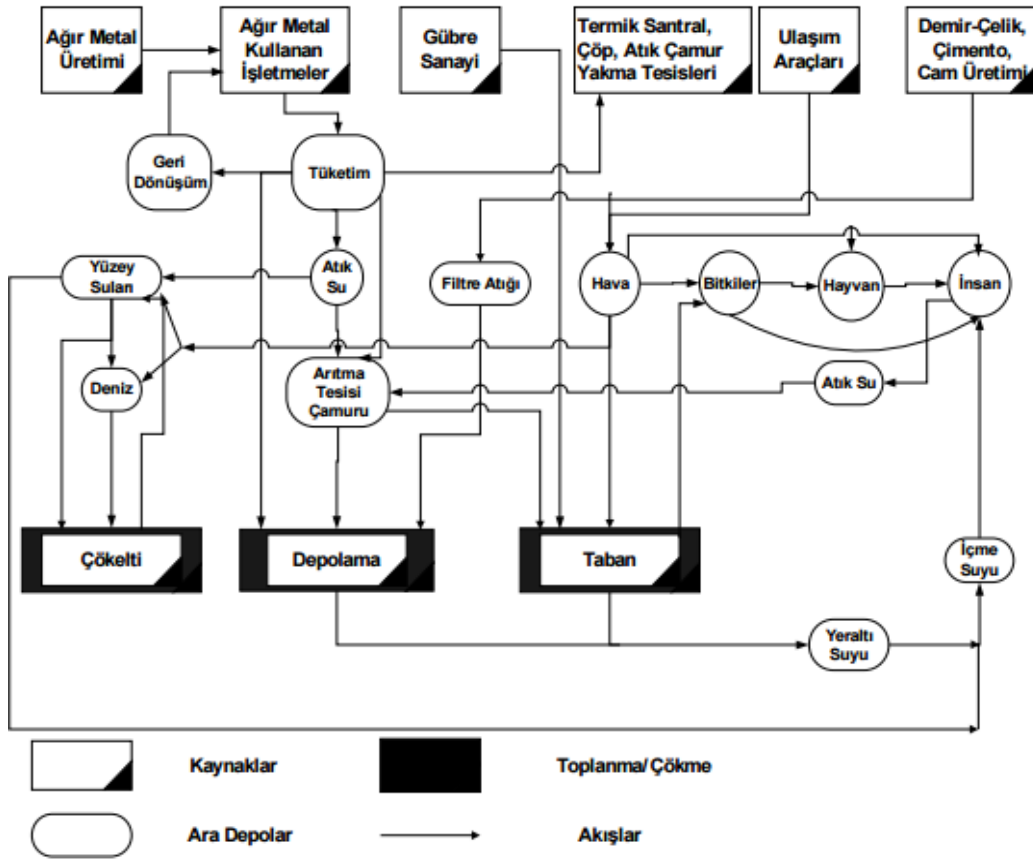
Bitki besin elementleri; bitkilerin devamlılığı için gereken elementlere denir. Bitki dokularında yaklaşık olarak doğadaki elementlerin tümünü barındırabilir. Bu elementlerden 16 tanesi (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Zn, Cu, Cl ve Mo) bütün bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleridir. Diğer 6 element (Co, Al, Na, Si, Ni ve V) ise sadece bazı bitkilere gerekli olan faydalı elementler olarak kabul edilir (Yıldız, 2003). Zararlarından bahsedilen metallerin bazıları organizmaların yaşamları için önemli bir yere sahiptir. Metallerin canlı bünyesindeki yoğunluklarındaki değişiklik, dokularda tahribata yol açar (Merlini, 1980). Bazı bitkiler rizosferdeki pH'yı artırarak metallerin hareketliliğini azaltarak bünyesine alacağı metal yoğunluğunu azaltır (Jackson vd., 1990).

Ağır metallerin en önemli doğal kaynaklarından biri de, jeolojik ata materyaller ve kaya parçalarıdır. Ağır metallerin yapısı ve konsantrasyonu kaya tipi ve çevresel koşullara bağlıdır (Nagajyoti vd., 2010).

Biyolojik kullanılabilirliği düşük olan ve toprakta çözünmemiş halde bulunan ağır metallerin bitkiler tarafından alınımı oldukça güçtür ve bitkilerin ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilmeleri için ağır metallerin toprakta çözülmüş olmaları gerekmektedir (Ali vd., 2013). Bitkiler ağır metalleri çözebilmek için çeşitli adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Bitkiler kökleri ile metal şelatlandırıcı moleküller salgılayarak metallerin çözünmesini sağlamaktadır. Bitki kökleri rizosfere proton salgılayarak toprağın asidik hale gelmesini sağlamakta ve metallerin toprakta çözünürlüğünü artırmaktadır (Yang vd., 2005; Ali vd., 2013). Bitki kökleri ile etkileşim halinde olan toprakta bulunan bazı mikroorganizmalar bitkinin proton, fitojelatin (PCs) ve enzim salgısını artırarak metallerin bitkiler tarafından alınımını kolaylaştırmaktadır. Toprakta serbest hale gelen metaller bitki kökleri ile alınmakta ve taşıyıcı proteinler aracılığı ile hücre içerisine girmektedir (Yang vd., 2005).

Topraklardaki ağır metal kirlilik düzeyleri büyük sorunlar teşkil etmektedir. Ağır metal kirliliği tarımsal alanları giderek tehdit etmekte ve besin zinciri ile sağlığımıza büyük ölçüde zarar vermektedir (Schicker ve Haddar, 1999). Kirlenme sürecinin başında ağır metallerin birikimi toprakta iken, zamanla kirlenme çoğaldıkça topraktaki ağır metaller bitkiler tarafından alınmaktadır (Demirezen ve Aksoy, 2004). Topraklar,

pestisitler ve bitki besin elementleri (gübre) gibi maddelerle kirletilir (Radthe, 1993; Mull ve Nordmeyer, 1994). Topraklara karışan ve biriken ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıpları gibi çok sayıda çevre ve insan sağlığı problemleri oluşturmaktadır (Chaiyarat vd., 2011). Topraktaki birçok faktör ve toprağa ait birçok özellikte (pH, toprak yapısı, toprağın organik madde içeriği ve katyon değişim kapasitesi vb.) bitkinin alacağı ağır metal yoğunluğunu etkiler (Demirezen ve Aksoy, 2005).



Şekil 1. Ağır metallerin doğaya yayınımları (Kahvecioğlu, 2006).

Ağır metal kirliliğinin çok sayıda nedenleri vardır. Bunlardan bazıları antropojenik ve doğal kaynaklı kirliliklerdir (An, 2004). Buna göre, ağır metal kaynaklarını beş grupta toplamak mümkündür:

- Ağır metal kirliliklerinin jeolojik değişimlerle su kaynaklarına dahil olması,
- Metal ve bileşiklerinin üretim prosesleri,
- Metal ve metal bileşiklerinin kullanılması,
- Katı atık depolama alanlarından metallerin çözünerek sızması,

- İnsanlar ve hayvanlardan kaynaklanan, ağır metal içeren atıklardır (Jiang vd., 2001).

Çevreye yayılan ve çevre kirliliğinde önemli etmenlerden olan ağır metallerin yoğun zehirleyici özellikleri vardır (Goyer, 1991). Termik santraller, çöp ve atık yakma tesisleri, demir-çelik sanayi, endüstriyel faaliyetlerin ağır metallerin çevreye yayılmasında önemli faktörleri vardır (McCally, 2002). Ayrıca enerji üretmek için fosil maddelerin yakılması ve atmosfere salınması kirlilik düzeyini günden güne arttırmaktadır (Tuna ve Girgin, 2005).

Taşıtların egzozlarından salınan gazlar çevre kirliliğinin en büyük sebeplerinden biridir (De Jonghe ve Adams, 1986). Bu kirleticiler; karbondioksit, azot oksitler, karbon monoksit, kükürt oksitler, hidrokarbonlar ve bazı ağır metaller dahil edilebilir (İlkılıç ve Behçet, 2006). Kirleticilerden olan ağır metal kalıntıları bitkilerin yüzeyinde ve dokularında birikmektedir. Kurşun, nikel gibi ağır metaller çökeltme ile en çok yol kenarında yetişen bitkileri etkilemektedir (Bingöl vd., 2010). Egzoz gazı ile yayılan en yoğun ağır metal kurşundur. 1923 yılında taşıt yakıtına tetraetilen eklenmesiyle birlikte bitkiler açısından kurşun tehlikesi günden güne artmaktadır. Bundan dolayı kurşun elementi tehlikeli ve yaygın bir ağır metal özelliğindedir (Purves ve Mackenzie, 1969).

Ağır metaller, yağış miktarının az olduğu yerde rüzgar ve trafik nedeniyle oluşan hava türbülansı ile; yağışlı bölgelerde ise yüzey akışları ile taşınmaktadırlar (Şişman vd., 2002). Ağır metal kalıntıları yükselen hava ile uzaklaşarak çevresine yayılmaktadır (Bingöl, 2008). Ağır metaller doğrudan solunan havayla, dolaylı olarak su, gıda gibi besin maddeleriyle etkileyerek insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit etmektedir (Bingöl vd., 2010).

Ağır metal kirliliğinin giderilmesinde çok sayıda teknik geliştirilmiştir. Bunlardan birkaçı toprağın yıkanması, kimyasal muamele, ısı ile ya da çözümlerle camlaştırma, yakma, elektrokinetik arıtım, arazi doldurma, bitkisel arıttırma (Glass, 2000).

1.1.1. Kobalt

Kobaltın askeri alanda ve endüstriyel alanda önemli bir yeri vardır. Malzemelere manyetik özellik kazandırmada, takım çeliklerinde, kesici uçlarda, jet motor türbinlerinde kobalt kullanılır (Kartal vd., 2004).

Kobalt, karotenoid miktarını arttırarak bitkilerde klorofil a ve klorofil b miktarlarında hasar oluşturmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu, 2005). Kobalt, toksik etkisini ilk olarak bitki köklerinde göstererek sistemin bozulmasını tetiklemektedir. Daha sonra toprak üstü organlara geçerek burada da önemli hasarlara neden olmaktadır (Ebbs ve Kochian, 1997).

Kobalt, sinir düzenlenmesi ve kırmızı kan hücrelerinin üretiminde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir. Bu metal en fazla karaciğerde birikir ve yüksek düzeylerde alındığı takdirde, akciğer, kalp, karaciğer, böbrek ve deri hastalıklarına sebep olmaktadır (Türkmen, 2003; Özdilek vd., 2007).

1.1.2. Kurşun

İnsan faaliyetleri sonucunda çevreye büyük ölçüde yayılan kurşun, ekolojik sisteme ciddi zararlar vermektedir. Taşıtların egzozlarından yayılan gazlar, petrol sanayi atıkları, elektrik, akü, boya ve pestisitler kurşun elementinin atmosfere ve toprağa yayılmasında önemli faktörlerdendir (Aksoy 1995; Saygıdeğer, 1995). Endüstriyel yerleşim alanlarına ve şehir merkezlerine yakın yerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü normal seviyelerin üzerinde kurşunu bünyesinde bulundurur. (Kahvecioğlu vd., 2006).

Kurşunun yüzeysel sulara ve toprakta birikmesi genel olarak atmosfer aracılığıyla olmaktadır. Kurşun su, toprak ve hava arasında doğal kimyasal veya fiziksel yollarla çevrilebilmektedir (Nagajyoti vd., 2010).

Kurşun öncelikle kökün apoplastına ve buradan radyal şekilde kortekse geçerek endodermis yakınlarında depolanır. Kurşun elementi hücre turgoru ve hücre duvarı

stabilitesini olumsuz etkilemesi, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitki su rejimini etkilemektedir (Sharma vd., 2005).

Kurşunun insan vücudunda birikmesi, yüksek tansiyon, mide yanması, böbrek yaralanması, sinir sisteminin bozulması, baş ağrısı, yorgunluk, sperm yapısının bozulması, anemi, çocuklarda zihinsel aktivite ve davranış bozukluğu gibi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Kurşun, merkezi sinir sisteminde, kemikte ve saçta birikir ve toksik etkiye sahiptir (Çınar, 2008). Kan dolaşımına geçen kurşun organlara dağılır ve ciddi zararlar verir. Ayrıca yaş ilerledikçe kemikte birikme oranı daha çok artar (Vural, 2005). Vücutta biriken kurşun kemik turnoverinin hızlı olduğu dönemlerde kemik yıkım ürünleri ile birlikte kana geçerek toksik etkilerin devamına neden olur (Akbal vd., 2015). Kurşunun yüksek miktarlardaki uygulamalarında bitki kök ve yapraklarında kurşun birikiminde DNA zararlarında artma tespit edilmiştir (Gichner vd., 2008).

1.1.3. Nikel

Nikel yer kabuğunda doğal olarak bulunur ancak temel olarak metal işletmeciliği, madencilik faaliyetleri ve foseptik atıklardan dolayı çevreye karışmaktadır (Kaçar ve Katkat, 2006). Nikel, arsenik ve sülfür alaşımları halinde çok bulunan bir ağır metaldir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Yüksek bitkilerde hidrogenaz ve üreaz gibi önemli enzimlerin yapısında nikel bulunur. Nitrojen metabolizması için önemlidir ve nikel, topraktan ve besin solüsyonundan bitki tarafından kolayca absorbe edilebilir (Yaşar, 2009). Belirli bir dozdan sonra büyümede zarara yol açar ve aşırı konsantrasyonları, bitkilerde çimlenme aşamasından başlayarak bitkinin büyüme ve gelişmesinde toksik etki yaptığı söylenebilir (Marschner, 1995).

Nikelin hücre düzeyindeki olumsuz etkileri kök, sürgün ve yaprakta büyüme gelişmenin gerilemesine ve verimde kayıplara yol açmaktadır. Bu kayıplar değişik büyüme ve gelişme aşamalarında ortaya çıkabilir (Anaç vd., 2013). Bitkide bulunan fazla nikel, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yapar, bitki

köklerinin diğer besin elementlerini almasını engelleyerek besin elementleri eksikliğini ortaya çıkarır (Zengin ve Munzuroğlu, 2005).

İnsanların nikle maruz kalması solunum ve sindirim yoluyla olmaktadır. Kronik olarak nikle maruz kalınması akciğer, kalp-damar, böbrek rahatsızlıklarına ve kansere neden olur (Denkhaus ve Salnikow, 2002).

1.1.4. Krom

Krom yer kabuğunda doğal olarak kayaların yapısında bulunur ve endüstriyel faaliyetlerde kullanılır. Bundan dolayı çevrede krom yaygın olarak bulunmaktadır (Chandra vd., 2004). Krom kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir döngüye sahiptir (Daş vd., 2012).

Bitkilerin bünyesindeki krom ilk olarak tohum çimlenmesini etkileyerek bitkiye zarar vermektedir. Krom, amilaz aktivitesi ve embriyoya şeker taşınmasını azaltması ve proteaz aktivitesini arttırması sonucunda tohum çimlenmesini engellemektedir (Jain vd., 2000). Krom kök hücrelerinin bölünme ve uzamasını engelleyerek kök gelişimini engeller. Bu durum topraktan alınan bitki besin maddesi ve suyun azalmasına yol açarak bitki büyüme ve gelişmesini azaltır. Bundan dolayı bitki kalitesi veriminde azalma olur (Khan vd., 2000).

İnsanlar krom ve krom bileşiklerini yiyecek, içecek veya deri ile temas yoluyla bünyesine alır. Çok sayıda bitki, meyve, et ve mayanın yapısında krom doğal olarak bulunmaktadır. Bu nedenle, kromun önemli bir kısmını yiyecekler yoluyla canlılar bünyelerine almaktadır (Amusan vd., 2005). Düşük seviyelerde kroma maruz kalınması durumunda, deride iritasyon ve ülser meydana gelir. Uzun süreli maruz kalınması durumunda ise, böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabilir, ayrıca kan dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip edebilir (Pal vd., 2012). İnsan vücudundaki krom eksikliği, şeker hastalığı olarak ortaya çıkar. Krom eksikliği, kurşunun toksikliğini artırırken, biyolojik sistemlerdeki aşırı Cr^{6+} kanser oluşumunu da tetikler (Kahvecioğlu vd., 2006).

1.1.5. Bakır

Dünyanın birçok bölgesinde bulunması nedeniyle geniş ölçüde üretiminin yapılabilmesi, elektriği diğer metaller içinde gümüşten sonra en iyi ileten metal olması ve endüstriyel önemi yüksek pirinç, bronz gibi alaşımlar yapması bakır önemli kılan nedenlerdir (Abyzov vd., 2011). Bakır, elektrik sanayi, kimyasal katalizör yapımı, boya sanayi, cam endüstrisi en çok kullanıldığı alanlardır. Bunların dışında otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar gibi değişik alanlarda da kullanılmaktadır (Kartal vd., 2004).

Bakır, yüksek bitkiler ve algler için, özellikle fotosentez için gerekli bir ağır metaldir (Nagajyoti vd., 2010). Bitkiler, bakırı temelde Cu^{+2} iyonu şeklinde alırlar. Doğal ve yapay organik bileşikler şeklindeki bakır alan bitkiler ayrıca yaprakları aracılığıyla da bakır tuzlarını ve komplekslerini alırlar (Kaçar ve Katkat, 2006). Bakır, önemli enzimlerin yapısında bulunur. Fotosentez, solunum, DNA ve RNA üretimi, fizyolojik aktiviteler ve karbonhidrat yıkımı gibi önemli işlevlerde bakır etkin bir rol oynar. Eksikliği durumunda bitki üremesi durur (Nuhoğlu vd., 2002). Bakır, biriktiği dokunun hücre nükleuslarına bağlanır. Hücre protoplazmasındaki bakırın çoğu metallothionein gibi proteinler tarafından toplanır (Bhattacharya vd., 2013). Bakırın hücre duvarına bağlanması direk ya da kalsiyumu yerinden çıkarmak suretiyle iki şekilde olur. Bu durumda hücre duvarı elastikiyeti bozulmakta ve turgor azalmaktadır (Ouzounidou, 1994).

Kimyasal ve organik gübreler bakır kaynağı olarak kullanılmaktadır. Çeşitli bitkisel ve hayvansal kökenli organik materyallerden kompost, kent atıkları ile kanalizasyon atıkları da bakır kaynağı olarak kullanılabilir (Kaçar ve Katkat, 2006).

1.1.6. Demir

Demir, doğada diğer ağır metallere göre daha fazla miktarda bulunur. Doğal halde toprakta bulunur, taşınma şekli ise deniz, göl, akarsu ve nehirler sayesinde. Ayrıca demirin en önemli kaynaklarından biri de endüstriyel atıklardır (Tuncay, 2007). Toprakta demir miktarı yüksektir ancak bitki için yararlı olan demir miktarı azdır.

Bundan dolayı demir eksikliği bitkilerde yoğun şekilde gözlemlenmektedir (Anaç vd., 2013).

Demir bitkilerde biyolojik açıdan önemli işlevlere sahip olup, çoğu biyokimyasal tepkimeleri katalize eden çeşitli enzimleri aktive etmektedir. Katalaz ve peroksidaz enzimleri içerisinde önemli bir enzim olup, solunum zinciri içerisinde ve yükseltgenme tepkimelerinde hayati önemi vardır (Ergin, 2005). Bitkilerde elektron aktarıcı olan ferrodoksin de demir içermektedir ve özellikle kloroplastlarda bulunmaktadır (Yücekutlu, 2013).

Toprağın fizyolojik özellikleri bitkilerin demir alımını olumsuz yönde etkiler ve bitkilerde demir eksikliği oluşur. Bitkiler demiri aktif kök uçları ile bünyesine alır. Örneğin, toprağın kuru olması nedeniyle kök uçları gelişememekte, bu da bitkilerin demir alımını olumsuz yönde etkilemektedir (Kaçar ve Katkat, 2006).

Demir, ışığa bağlı olayları düzenlediğinden bitki büyümesinde hayati önemi vardır. Demir iyonları meristematik hücrelerde bölünme olayını başlatıcı olarak faaliyet gösterirler (Ekmekçi, 2007).

Bitki besin elementleri, bitkilerin demiri almasını ve taşınmasını olumsuz yönde etkiler. Kimi ağır metaller demirin yerine geçmekte bu da bitki için olumsuz bir sonuç oluşturmaktadır (Kaçar ve Katkat, 2006).

1.1.7. Çinko

Çinko, yoğun endüstri alanlarından bırakılan atık sularla, kanalizasyon sularıyla ve asit yağmurları aracılığıyla toprağa ulaşmaktadır (Vaillant vd., 2005).

Çinko, oksidoreduktaz, transferaz, hidrolaz, liyaz, izomeraz ve ligaz gibi 6 enzim grubu için kofaktör olarak görev yapar ve protein ve nükleik asitlerin yapısına dahil olması nedeniyle canlılar için önemli bir yere sahiptir (Nikola vd., 2009). Kimyasal açıdan aktiftir ve diğer metallerle kolayca alaşım yapabilir. Çinkonun bu özelliği

endüstride birçok alaşımın ve bileşiğin üretiminde kullanılmasını sağlar (Segawa vd., 2011).

Çinko, insan, bitki ve hayvanlar için önemli bir yere sahiptir. Bağışıklık sisteminin güçlenmesinde, yumurtanın olgunlaşmasında, derinin yapısının güçlenmesinde, yaraların çabuk iyileşmesinde, protein, yağ ve karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesinde, nükleik asit sentezinde olmak üzere birçok metabolik faaliyetlerde önemli bir noktadadır (Türkoğlu, 2008).

Bitkiler çinkoyu Zn^{+2} iyonu şeklinde kökleri aracılığıyla bünyelerine alırlar. Çinkonun bitkiler için suda çözünen formları daha uygundur (Lasat vd., 2000). Bitkilerde oluşan çinko eksikliğinin en belirgin özelliği bitkinin bodur büyümesidir. Yapraklarda damarlar yeşil renkte kalırken, damarlar arası açık yeşil, sarı ve hatta beyaza döner. Çinko eksikliğinde kök büyümesi görülürken toprak üstü organlarında büyüme azalması gözlemlenir (King vd., 2013). Aşırı çinko ise yaprak uçlarının ölümüne, genç yaprakların kıvrılmasına, kloroza ve bitkinin üreme fazına geçişini zorlaştırır ve zar yapısını bozarak nükleolus sayısını artırır (Rout ve Das, 2003).

Kimyasal ve organik gübreler çinko kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ancak, çinko kaynaklarının toksik etki oluşturmayacak düzeylerde uygulanmasına özellikle dikkat edilmelidir (Kaçar ve Katkat, 2006).

1.1.8. Mangan

Mangan tarım sektöründe önemli bir gübre içeriğidir ve bitkiler için de çok önemlidir (Mou vd., 2011). Mangan bitkilerin su içeriğini düzenleyerek yeteri miktarda bünyesinde mangan bulunduran bitkiler az suya ihtiyaç duyarlar (Anaç vd., 2013) Mangan, nitratın amonyuma indirgenmesini hızlandırarak protein sentezinde görevlidir ve fotosentez olayı ile de ilgilidir. Enzim bileşenleriyle birlikte solunum ve protein sentezinde görev alırlar (Hodges, 2006). Mangan toprakta değişebilir mangan, mangan oksit, organik mangan ve demirli mangan silikat mineralleri şeklinde bulunur ve Mn^{+2} iyonu şeklinde olduğunda bitkiler tarafından kullanılabilir. Mevcut mangan

konsantrasyonu toprak pH'sı, organik madde içeriği, nem ve havalandırma etkilenmektedir (Schulte ve Kelling, 1999).

Mangan hücrede mitokondride yüksek yoğunlukta bulunmaktadır. Mangan normal tiroid çalışmasının sağlanmasında ve kırık ile kemik gelişiminde de etkisi vardır. Ayrıca beyin ve sinir sisteminin normal çalışmasını sağlar (Kanişkan vd., 1996).

Bitkilerde mangan eksikliğinde çiçeklenme gecikmekte, meyve ağaçları ve narenciyelerin genç yapraklarında damar arası renkler açılarak soluk yeşil ya da sarıya dönüşürken yaprak kenarlarına yakın kırmızımsı lekeler oluşmaktadır (Anaç vd., 2013).

1.2. Çay Bitkisinin Sistematığı ve Özellikleri

Kingdom: Plantae (Bitkiler)

Divisio: Phanerogamae (Çiçekli bitkiler)

Subdivisio: Angiospermae (Kapalı tohumlular)

Classis: Dicotyledoneae (İki Çenekliler)

Ordo: Theales

Familia: Theaceae

Genus: *Camellia*

Species: *Camellia sinensis* (L.) Kuntze

Camellia sinensis var. *sinensis*

1881 yılında, Ogust Kunntz isimindeki botanikçi çay bitkisini *Camellia sinensis* olarak isimlendirmiştir.

Türkiye'de çay üretimi 1888 ve 1892 yılları arasında Bursa ilinde denenmiştir. Bursa'da iklimin ve ekolojik koşulların çay yetiştiriciliğine uygun olmaması nedeniyle sonuç alınmamıştır. Daha sonra Rize ilinde çay ile ilgili çalışmalar yapılmış ve olumlu sonuç alınınca çay üretimi Rize ve çevre illerinde yapılmıştır (Fisunoğlu ve Besler, 2008). Türkiye'de çay bitkisi, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gürcistan sınırından başlayan ve batıda Fatsa'ya kadar uzanan alan içerisinde yetiştirilmektedir. Bu bölge çay yetiştiriciliği için elverişliliği nedeniyle birinci sınıf çay bölgesidir (Yaylalı Abanuz

vd., 2012). Ticari olarak çay tipleri; assam çayı, kamboçya çayı ve çin çayıdır. Bu çay tiplerinin arasında benzerlikler (morfolojik, ekolojik) ve farklılıklar mevcuttur (Kaçar, 1987).

Çay bitkisinin ömrü 100 yılı bulmaktadır. Ancak verim ilk 50 yılında sağlanır (Kaçar, 1987). Çay, ağaç veya çalı formunda olup kışın yapraklarını dökmezler. Yaprakları basit, stipulasız ve sarmal dizilişlidir. Çiçekler çoğunlukla tek başına, hermafrodit, aktinomorf, genelde büyük ve gösterişlidir. Sepaller imbrikat, petaller 5 veya daha fazla, serbest veya tabanda birleşiktir. Stamenler çok sayıda olup, genelde korollanın tabanında birleşmiştir. Ovaryum daha yüksek, 3-5 loküllüdür. Meyve lokulusit kapsül veya septisit kapsüldür. Yapraklar kısa saplı, alternat, kenarları dişli ve yapısı derimsidir. Sepaller 4-6, korolla 5-8 petal içerir ve genelde birbirleriyle ve stamenlerle tabanda birleşirler. Stamenler çok sayıdadır. Meyveler genelde lokulusit kapsüldür (Davis, 1965; Ağca, 2007).

Çay bitkisinde 2-3 sıralı yan kökler ve güçlü bir ana kök bulunur. Saçak kökler gelişimin üçüncü yılında oluşmaya başlar. Köklerin hücrelerinde bol miktarda nişasta bulunur (Kaçar, 1984). Meyve olgunlaştığı zaman tohumlar kahve renkli olur ve bölmeler açılarak tohumlar dökülür. Tohumlar genellikle 1-2 cm çapında küre ve yarım küre şeklindedir. Tohumların üzeri sert bir kabukla kaplıdır (İlhan, 2007).

Yağışı çok isteyen bir bitki olan çay, gelişme sürecinde yıllık ortalama 1200 mm' nin üstünde yağış oranına sahip olan bölgelerde yetiştirilmektedir. Genellikle yıllık 1800 mm, aylık ile 150 mm yağış alan çay alanlarında verim alınabilir (Carr ve Stephens, 1992). Ekvator'a yakın sıcak bölgelerde belli aralıklarla yıl boyunca çay toplanabilirken, Ekvator'dan uzaklaştıkça belli aylarda çay bitkisi toplanmaktadır (Eden, 1976). Doğu Karadeniz Bölgesinde genel olarak Mayıs ayının ilk yarısında çay sürgünlerinin toplanmasına başlanıldığı ve Ekim ayının sonuna dek toplanıldığı bilinir (Mahmutoğlu, 1994).

Çay bitkisinin gelişmesinde fizyolojik, kimyasal ve biyokimyasal işlevlerin yerine getirilmesinde mineral maddeler çok önemlidir (Kaçar, 1982). Çay yapraklarının bileşimi klimatolojik, kültürel ve genetik faktörlere bağlı değişim göstermektedir

(Katiyar ve Mukhtar, 1997). Bitki analizleri, gelişme için mutlak gerekli olan elementlerin bitkide bulunacağı ve bunun normal bitki gelişmesini sağlamaya yetecek miktarlarda olacağı kuramına dayanmaktadır (Kaçar, 1982). Antimutajenik, antikanserojen ve antioksidatif etkilerinden dolayı çay içmenin insan sağlığına yararı vardır (Yamamoto vd., 1997). Çay içerdiği flavanollerden dolayı güçlü antioksidan aktiviteye sahip olmaları nedeniyle hastalıkların gelişimi ve oluşumunu engellemektedir (Sarıca vd., 2008). Sağlık problemlerinin tedavisinde ve korunmasında çayın tıbbi değeri gün geçtikçe fazlalaşmaktadır (Naithani ve Kakar, 2005).

Çay bitkisi, gelişme ortamının asit tepkimeli olmasını ister (Kaçar, 1984). Asidik topraklarda yetişmesine karşın aşırı asitlik zarar veren bir durumdur. Çay üreten ülkelerde kritik toprak pH'sı 4.0 olarak saptanmıştır. Toprak pH'sının 4.0'un altına düşmesi istenmeyen bir durumdur. Çay üretici ülkeleri için çay topraklarında pH'nın optimum olması çok önemli bir durumdur (Kaçar ve Katkat., 2006). Doğu Karadeniz çayında, Rize'de % 87, Artvin'de % 74, Trabzon ve Giresun'da ise % 72 oranında elverişli fosfor noksanlığı saptanmıştır.

Doğu Karadeniz bölgesi için en önemli geçim kaynağı çaydır. Yine Türkiye ekonomisine önemli katkısı olan bir bitkidir. Gerek bölge gerekse ülke ekonomisine katkısı olan çayın içeriğinin bilinmesi de önem arz etmektedir. Son yıllarda Karadeniz sahil yolundaki aşırı tır taşımacılığının oluşturabileceği olumsuzlardan birisi de çevre kirliliğidir. Özellikle araç egzozlarından çıkan gazlarda ve lastik sürtünmelerinden kaynaklanan kirliliklerinin seviyesinin bilinmesi ve bu kirliliğin tarım üzerine olumsuz etkilerinin araştırılması önemlidir. Bu nedenlerden dolayı Karadeniz sahil yolu boyunca tarımı yapılan çayın trafikten etkilenip etkilenmediğinin belirlenmesi ve elde edilecek element değerlerinin dünyada çeşitli bölgelerde yetişen çaylar ile karşılaştırılması önemlidir. Bu sayede hem sürekli bir içecek olarak tüketilen çayın sağlık üzerinde oluşabilecek bir olumsuzluğunun olup olmadığının belirlenmesi hem de elde edilecek element değerlerinin düşük olması durumunda bu verilerin iyi bir şekilde işlenerek kamuoyu ile paylaşılması ve Türk çayının markalaştırılmasına katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Alanlarının Genel Özellikleri

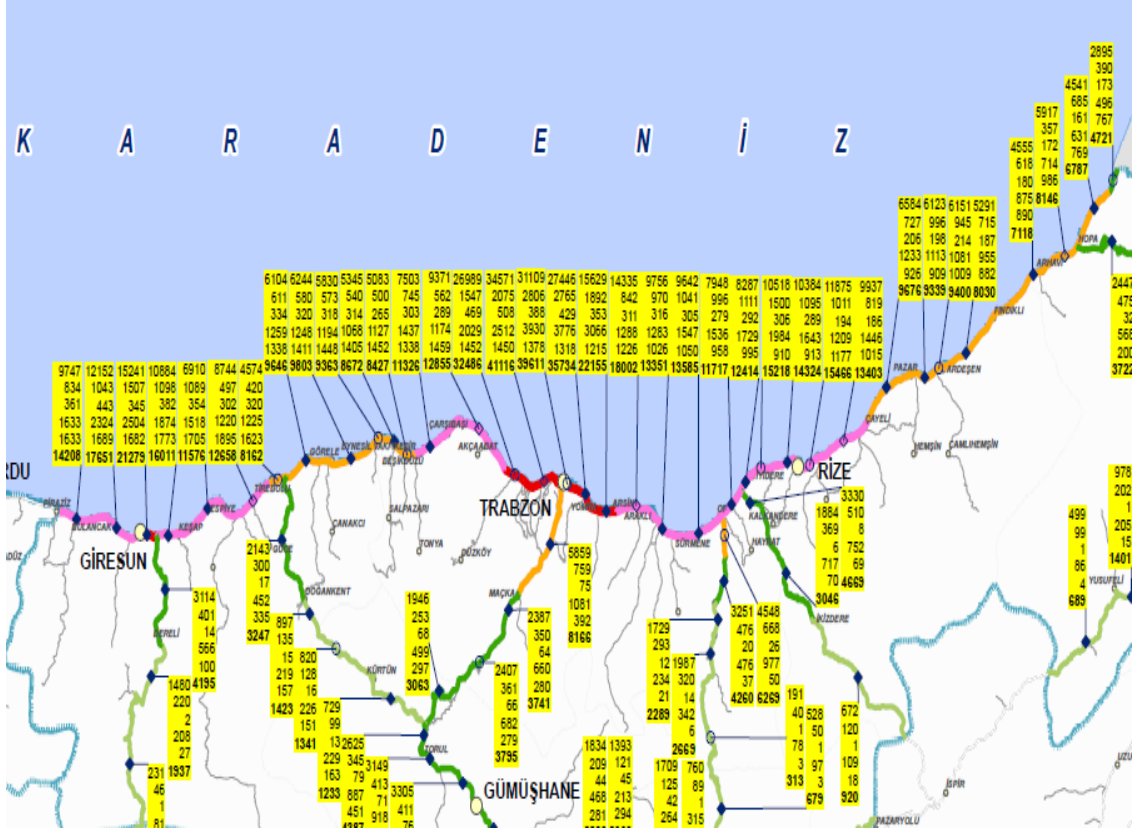
Rize ili Doğu Karadeniz bölgesinin doğusunda, $40^{\circ} - 22'$ ve $41^{\circ} - 28'$ doğu meridyenleri ile $40^{\circ} - 20'$ ve $41^{\circ} - 20'$ kuzey paralelleri arasında yer alır. Rize ilinde, yazları ve kışları ılık, her mevsimi bol yağışlı iklim hüküm sürer. Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir. Yıllık yağış ortalaması 2500 mm civarındadır ve yılın ortalama 140 günü yağışlıdır. Sıcaklık yılın 10 günü kadar 0°C 'nin altında ve 3 günü 30°C 'nin üstündedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 15°C 'dir (URL-1, 2015).

Trabzon ili $40^{\circ} - 33'$ ve $41^{\circ} - 07'$ kuzey paralelleri ile $39^{\circ} - 07'$ ve $40^{\circ} - 30'$ doğu meridyenleri arasındadır. Trabzon nemli bir iklime sahiptir. Yıllık ortalama yağış miktarı 950 mm'dir. Sıcaklık değerleri yıl boyunca 15°C arasında değişmektedir (URL-2, 2015).

Artvin ili $40^{\circ} - 35'$ ile $41^{\circ} - 32'$ kuzey paralelleri ve $41^{\circ} - 07'$ ile $42^{\circ} - 00'$ doğu meridyenleri arasında bulunmaktadır. Yıllık yağış miktarı ortalaması 1000 mm'dir. Artvin ilinde her mevsim bol yağışlı bir iklim hüküm sürmektedir (URL-3, 2015).

Giresun ili $37^{\circ} - 50'$ ve $39^{\circ} - 12'$ doğu boylamları ile $40^{\circ} - 07'$ ve $41^{\circ} - 08'$ kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. İl genelinde ılık ve yağışlı bir iklim hüküm sürer. Yıllık yağış ortalaması 780 mm'dir. Sıcaklık ortalaması 14 derece seviyesindedir (URL-4, 2015).

Araştırma alanı; Rize, Trabzon, Artvin ve Giresun illerini kapsamakta olup Karadeniz sahil yolu boyunca 8 ve trafikten uzak bölgelerde de 8 olmak üzere 16 farklı lokaliteden numuneler toplanmıştır (Tablo 1).

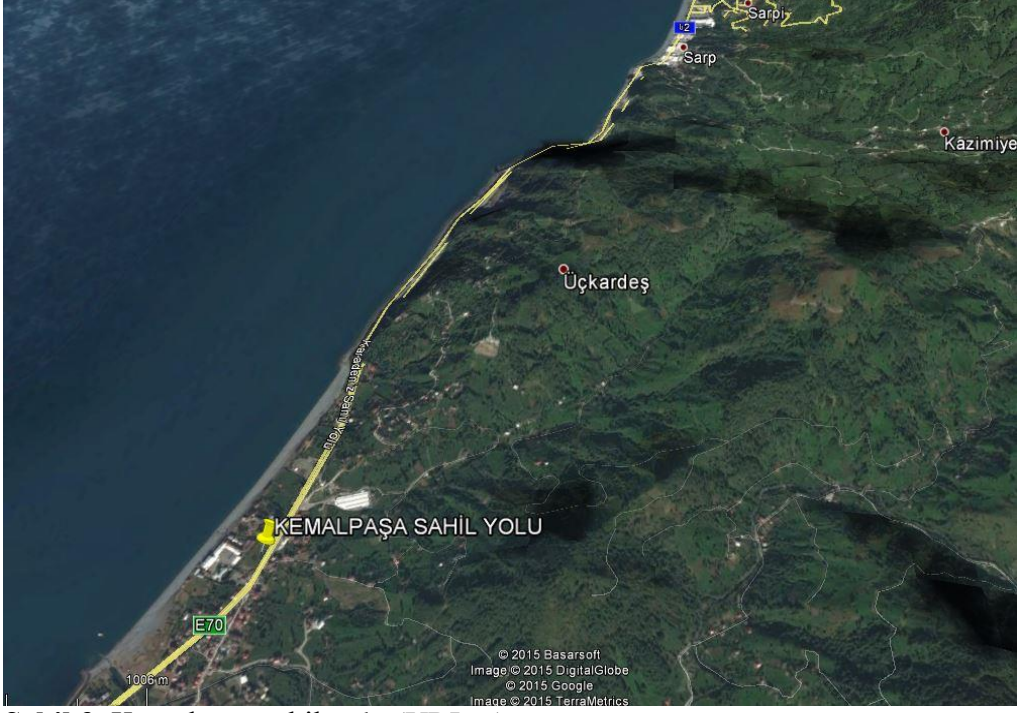


Şekil 2. 2013 yılı devlet yolları trafik hacim haritası yıllık ortalama günlük trafik değerleri (URL-5).

Karadeniz sahil yolu boyunca alınan numuneler karayoluna en yakın çay bahçelerinden toplanmış (Şekil 2), trafiğin olmadığı alanlar ise sahil yolundan iç kısımlara doğru gidilerek karayolu ile hiçbir bağlantısı olmayan uzak noktalardan toplanmıştır (Şekil 3-19).

Tablo 1. Çalışma materyallerinin toplandığı lokaliteler.

İL	İLÇE	LOKALİTE
ARTVİN	KEMALPAŞA	Kemalpaşa sahil yolu N= 41° 29,430' E= 41° 31,784' Kemalpaşa Osmaniye Köyü N= 41°28,297' E= 41° 31,859'
		Hopa sahil yolu N= 41°23,403' E= 41° 28,224' Hopa Yoldere Köyü N= 41°24,080' E= 41° 28,558'
RİZE	ARDEŞEN	Ardeşen sahil yolu N= 41°11,190' E= 41° 57,648' Ardeşen Çıraklar Köyü N= 41°09,107' E= 41° 00,066'
	ÇAYELİ	Çayeli sahil yolu N= 41°05,110' E= 40° 42,870' Çayeli Maltepe Köyü N= 41°03,081' E= 40° 44,517'
TRABZON	MERKEZ	Rize Merkez sahil yolu N= 41°02,067' E= 40° 44,037' Rize Merkez Köprülü bölgesi N= 41°59,621' E= 40° 30,961'
	OF	Of sahil yolu N= 40°53,615' E= 40° 16,666' Of Dumlusu Köyü, N= 40°12,069' E= 40° 16,092'
GİRESUN	ARAKLI	Araklı sahil yolu N= 40°55,565' E= 40° 04,384' Araklı Yolgören bölgesi N= 40°53,570' E= 40° 03,491'
	TİREBOLU	Tirebolu sahil yolu N= 40°58,831' E= 38° 46,081' Tirebolu Tevekli Köyü N= 40°54,793' E= 38° 47,708'



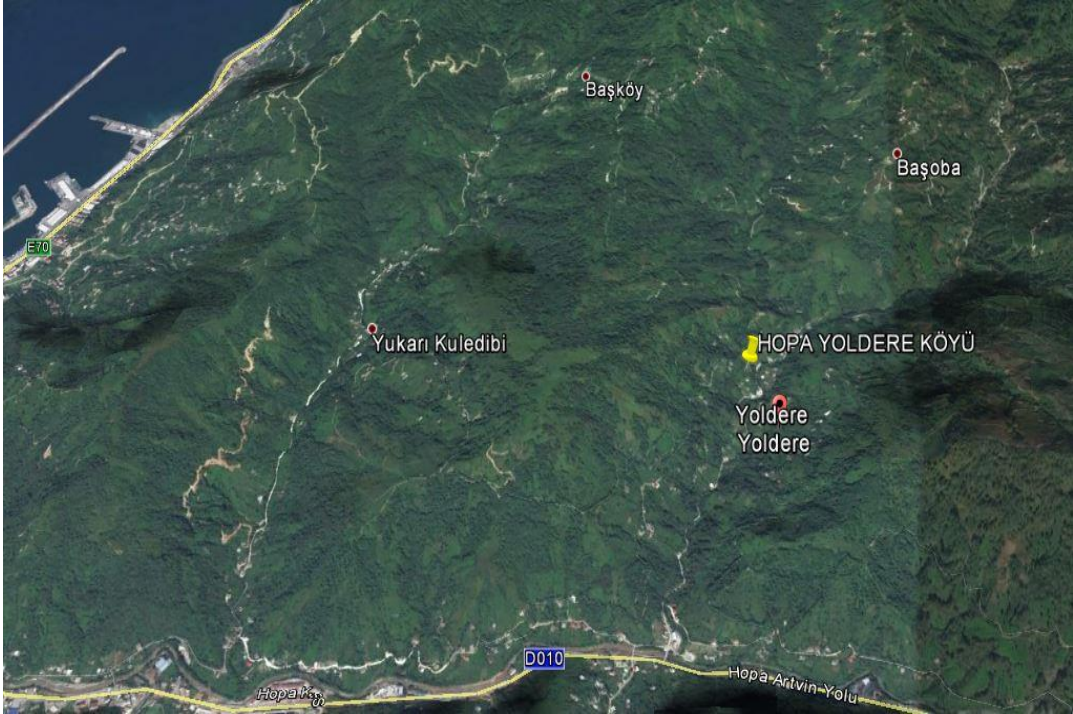
Şekil 3. Kemalpaşa sahil yolu (URL-6).



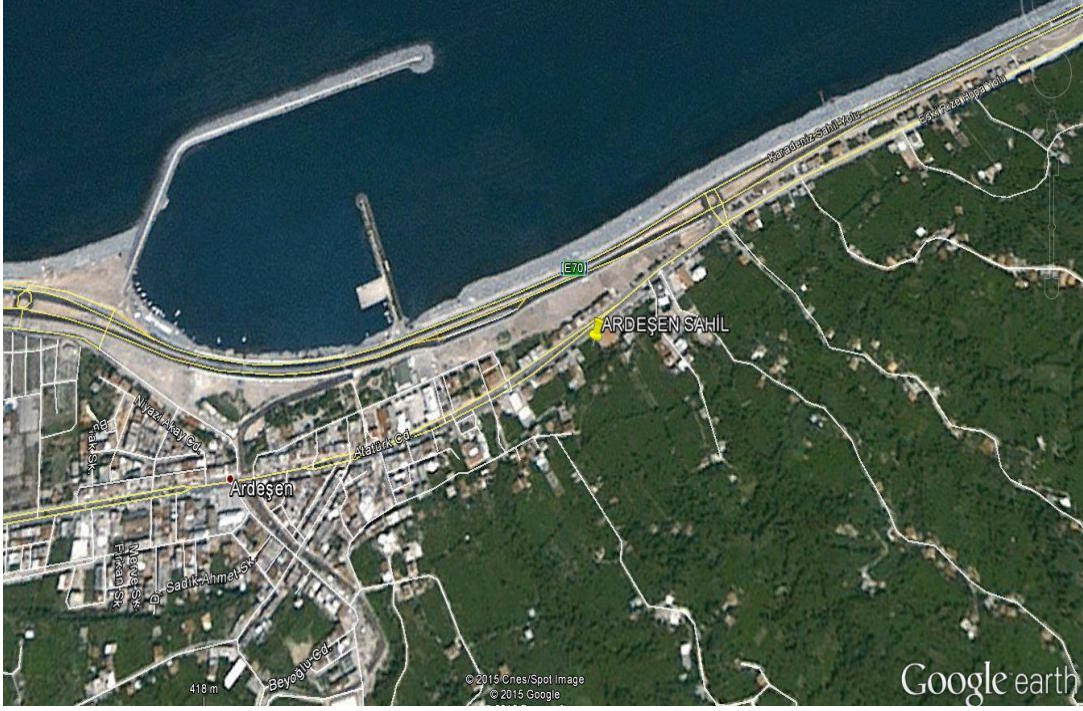
Şekil 4. Kemalpaşa Osmaniye Köyü (URL-6).



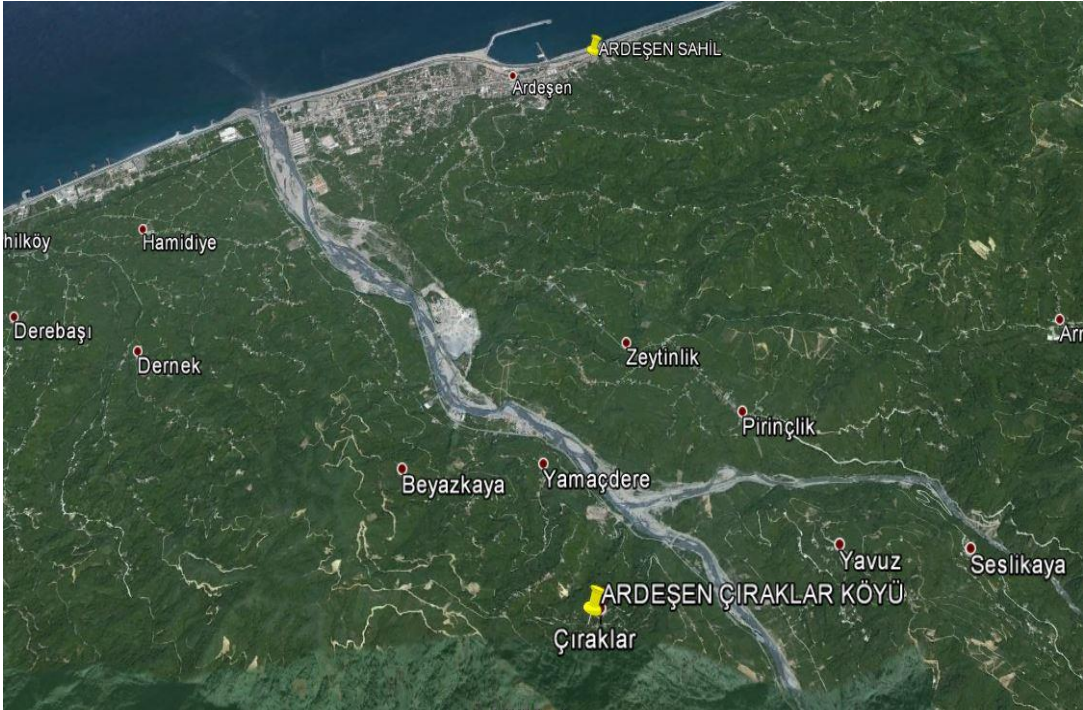
Şekil 5. Hopa sahil yolu (URL-6).



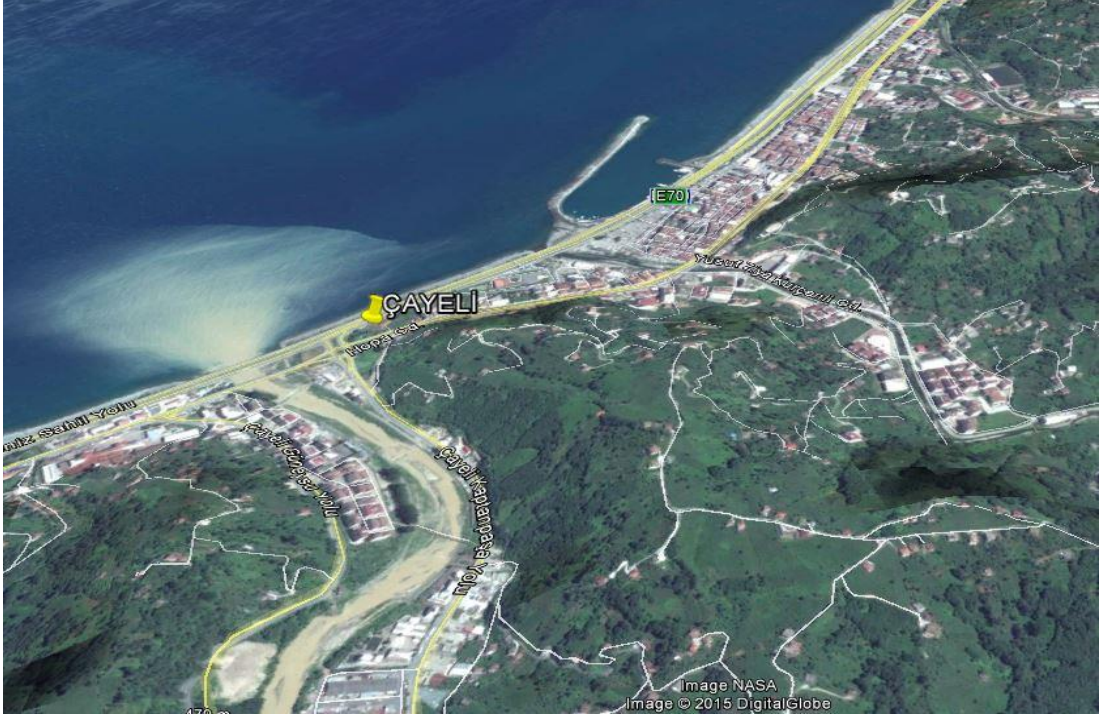
Şekil 6. Hopa Yoldere Köyü (URL-6).



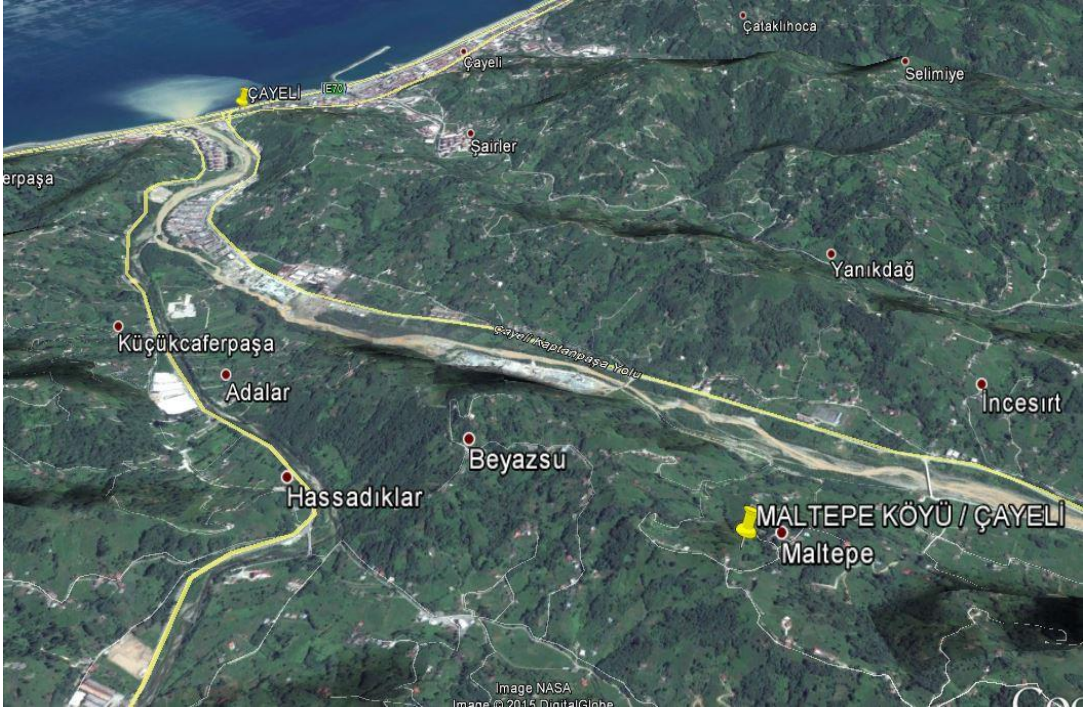
Şekil 7. Ardeşen sahil yolu (URL-6).



Şekil 8. Ardeşen Çiraklar Köyü (URL-6).



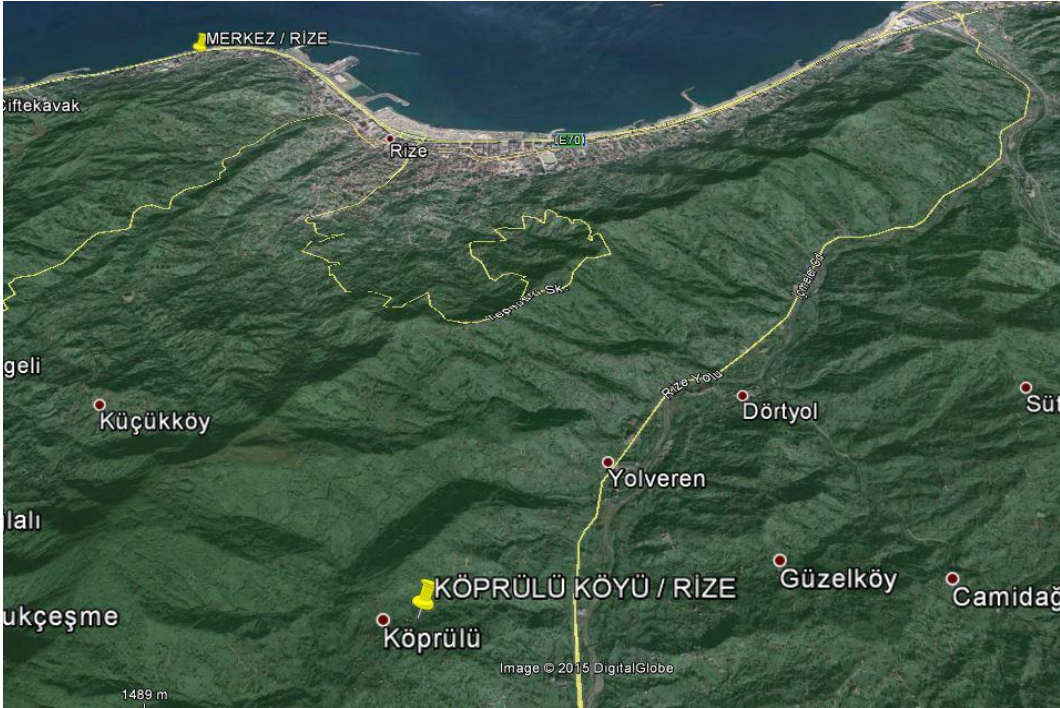
Şekil 9. Çayeli sahil yolu (URL-6).



Şekil 10. Çayeli Maltepe Köyü (URL-6).



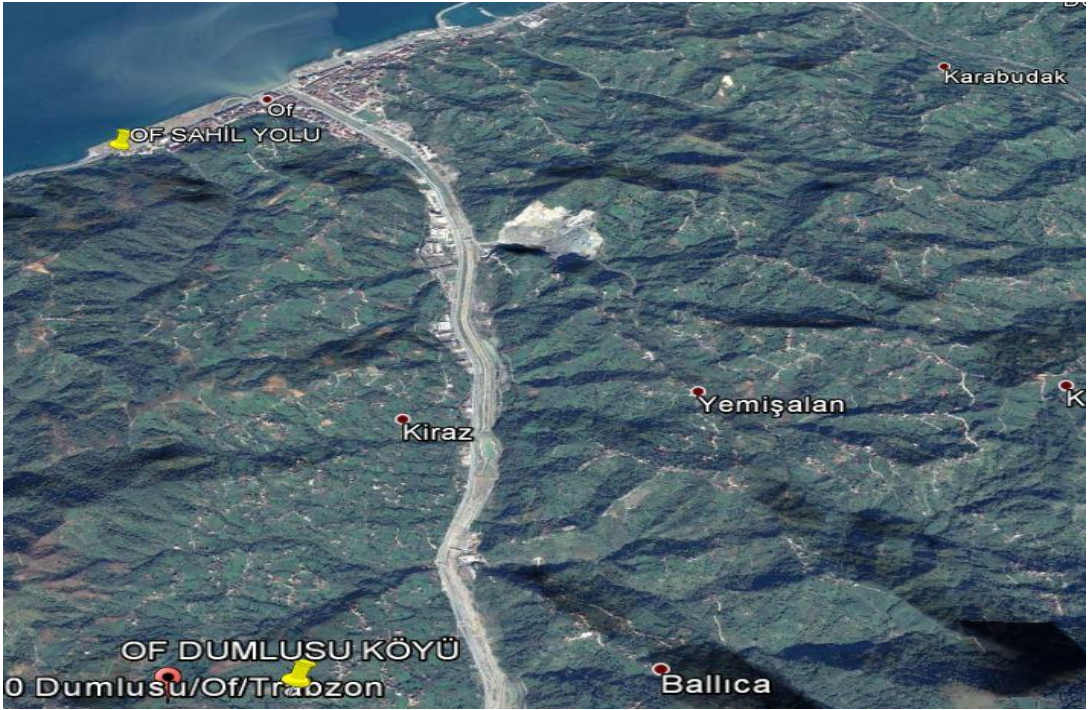
Şekil 11. Rize Merkez sahil yolu (URL-6).



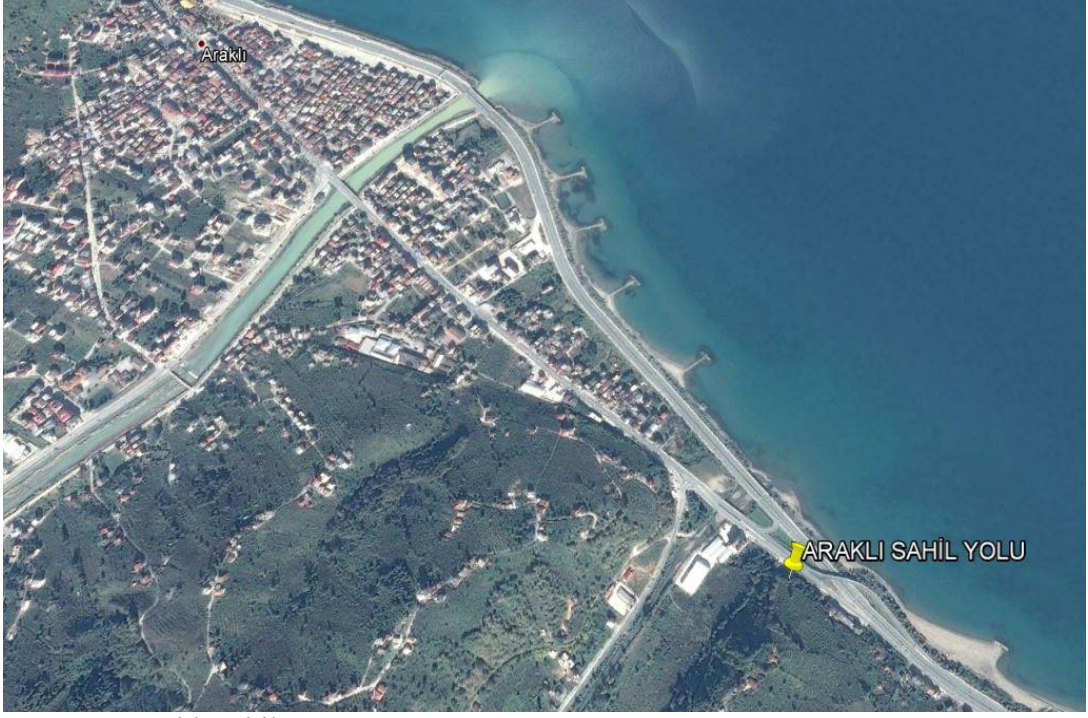
Şekil 12. Rize Merkez Köprülü Köyü (URL-6).



Şekil 13. Of sahil yolu (URL-6).



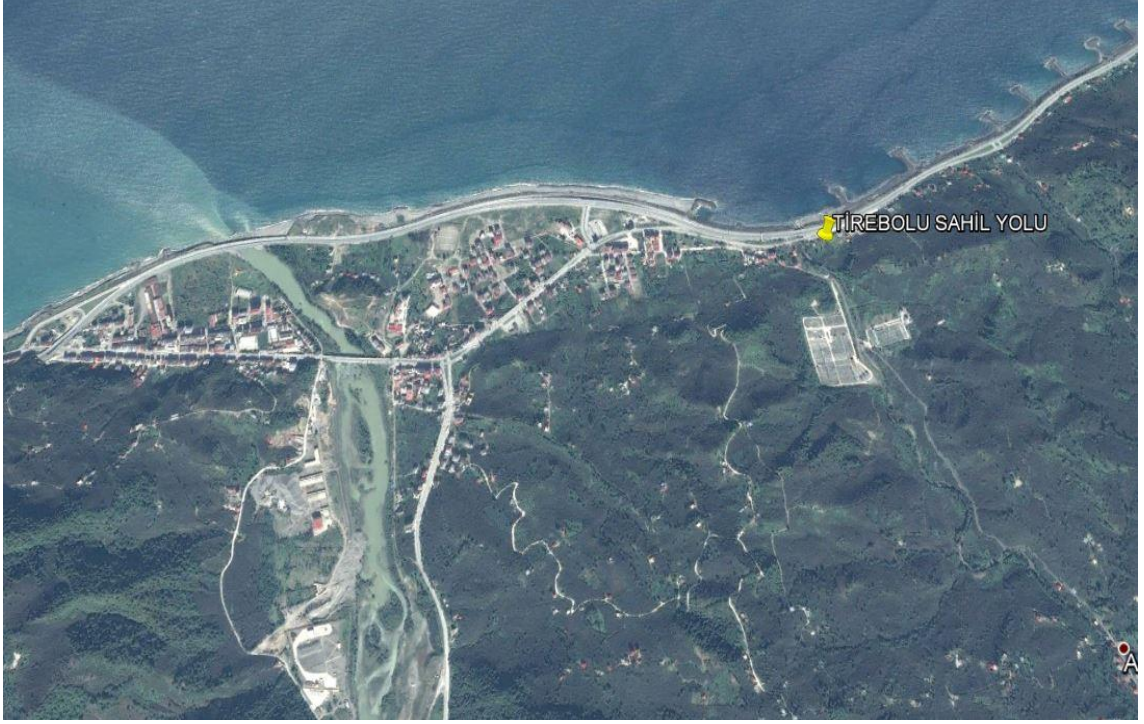
Şekil 14. Of Dumlusu Köyü (URL-6).



Şekil 15. Araklı sahil yolu (URL-6).



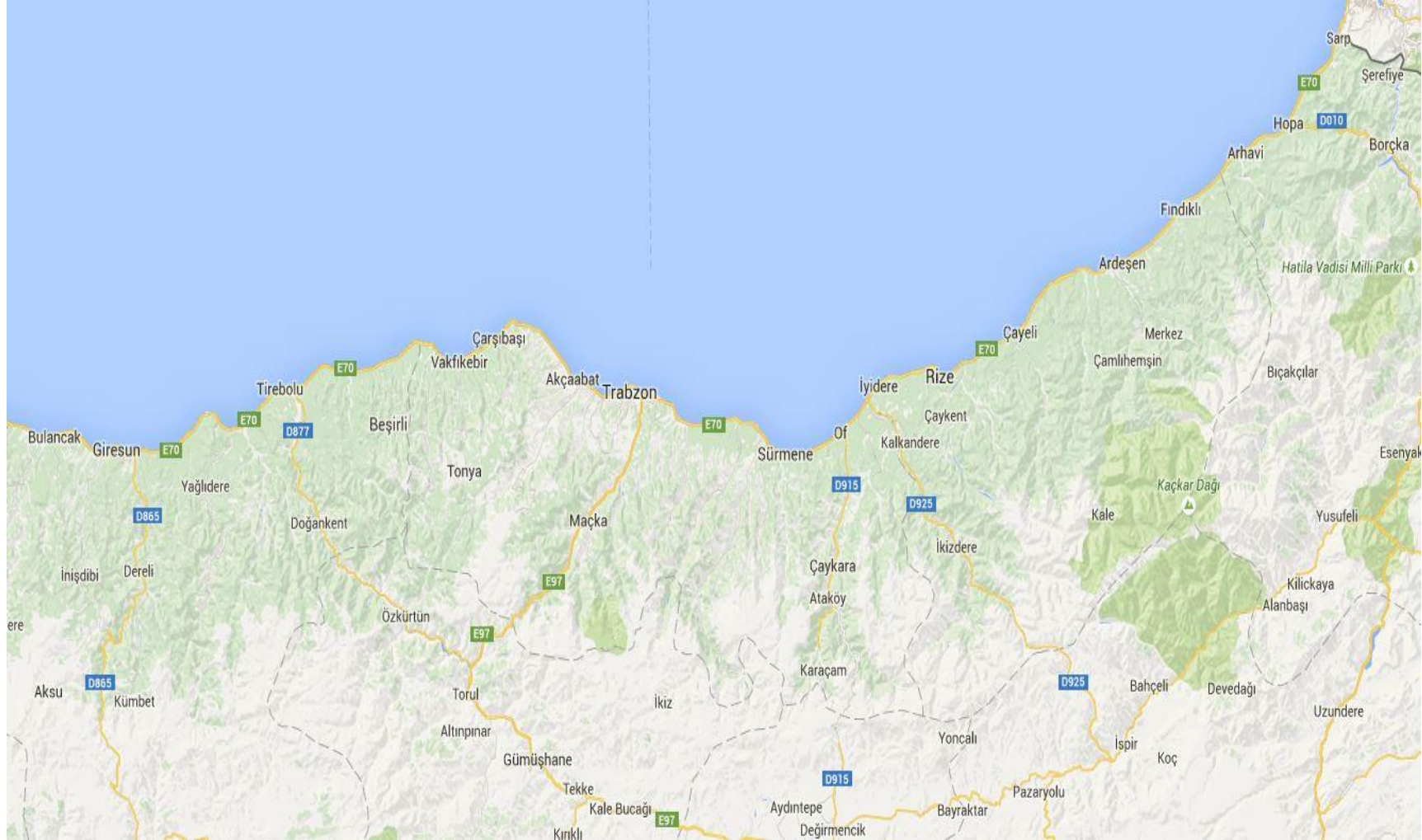
Şekil 16. Araklı Yolgören bölgesi (URL-6).



Şekil 17. Tirebolu sahil yolu (URL-6).



Şekil 18. Tirebolu Tevekli Köyü (URL-6).



Şekil 19. Çalışma alanının genel görünümü (URL-6).

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnekleme Yöntemi

Araştırma materyali olarak Artvin, Rize, Trabzon ve Giresun illerindeki lokalitelerden, çay yaprakları toplanmıştır. Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında; Artvin ilinden seçilen 4 lokalite (Kemalpaşa sahil yolu, Kemalpaşa Osmaniye Köyü, Hopa sahil yolu, Hopa Yoldere Köyü), Rize ilinden seçilen 6 lokalite (Ardeşen sahil yolu, Ardeşen Çiraklar Köyü, Çayeli sahil yolu, Çayeli Maltepe Köyü, Rize Merkez sahil yolu, Rize Merkez Köprülü bölgesi), Trabzon ilinden seçilen 4 lokalite (Of sahil yolu, Of Dumlusu Köyü, Araklı sahil yolu, Araklı Yolgören Bölgesi) ve Giresun ilinden seçilen 2 lokaliteden (Tirebolu sahil yolu, Tirebolu Tevekli Köyü) alınan yaprak örnekleri her bir lokaliteden 3 tekrar olacak şekilde toplanmıştır. Örnekler toplanırken aynı birey üzerinden çay sürgünleri (ilk üç yaprak) toplanmıştır. Yine örnekler alınırken düzenli olarak aynı yönde ve aynı büyüklükte olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca toplanan yaprakların sağlıklı, olgun ve böcekler tarafından tahrip edilmemiş olmasına da dikkat edilmiştir.

Bitkilerin toprak ile olan ilişkilerini tespit etmek ve topraktaki ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla Mayıs ayında bütün lokalitelerden toprak örnekleri alınmıştır. Toprağın üst kısmında bulunan atıklar uzaklaştırıldıktan sonra 0-30 cm arası derinlikten yaklaşık 1 kg toprak örneği alınmış ve poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir. Bu örnekler; açık havada kurutulduktan sonra, dövülmüş ve kimyasal analizler için hazır hale getirilmiştir.

2.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında toplanan çay yaprakları öncelikle numaralandırılmış ve lokalite bilgileri ayrıntılı olarak kaydedilmiştir. Yaprak örneklerinin bir kısmı yıkanarak diğer kısmı yıkanmadan iki grup oluşturulmuş ve etüvde 60 °C' de 48 saat kurutulmuştur. Kurutulan yapraklardan 3 tekrarlı gruplar oluşturulmuştur. Bu numuneler öğütülerek toz haline getirilmiş ve 0,3'er gram tartılarak analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 20. Mikrodalga cihazı.



Şekil 21. Laboratuvar çalışması.

Hazırlanan 0,3 gramlık çay bitkisi numuneleri teflon kaplara alınıp üzerlerine 5 ml HNO_3 ve 3 ml % 30'luk H_2O_2 eklendi. Teflon kabın kapağı kapatılıp çalkalanarak 20 dakika bekletildi. Daha sonra Berghof marka speed wave cihazına yerleştirilerek uygun programda çalıştırıldı.

Toprak analizinde ise toprak numunelerinden 1'er gram tartılmıştır. Tartılan numuneler teflon kaplara alınarak üzerine 2,35 ml % 65 lik HNO_3 ve 7 ml % 30'luk HCl eklendi. Teflon kabın kapağı kapatılarak 2 dakika bekletildi. Daha sonra Berghof marka speed wave cihazına yerleştirilerek uygun programda çalıştırıldı.

Bu şekilde mikrodalga fırında yaş yakma işlemi tamamlanan numuneler sıvı ortama aktarıldı ve üzerlerine saf su ilave edilerek 100 ml'ye tamamlandı. Elde edilen çözelti falkon tüplere konularak Pekin Elmer Marka, Optima 7000 DV Model, ICP-OES Cihazında ppm cinsinden ağır metal değerleri okundu. Elde edilen sonuçlara sulandırma faktörü uygulandı.

2.2.3. İstatistiksel Analiz

ICP-OES cihazında mg/L (ppm) cinsinden okunan sonuçlar SPSS 17.0 paket programında, One- Way Anova testi ile çay bitkisinde lokaliteler, kirlilik, aylar ve bölgeler, toprak numunelerinde ise lokaliteler ve bölgeler arasında bir farklılığın olup olmadığı araştırılmıştır. Tukey HSD değerleri tespit edilerek lokaliteler arasındaki farklılıklar da araştırılmış ve farklılık bulunan değerlerin grafikleri bu program ile çizilmiştir. Ayrıca yıkanan ile yıkanmayan yapraklar arasındaki farklılıklar tespit edilerek grafiği çizilmiştir.

3.BULGULAR

3.1. Çay Yapraklarının Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

3.1.1. Çay Yapraklarının Ağır Metal Konsantrasyonlarının Trafik ve Lokalitelere Göre Değerlendirilmesi

Çay yapraklarında, trafiğin olduğu lokaliteler ile trafikten uzak lokalitelerin ağır metal içerikleri One-Way Anova testi ile değerlendirilmiştir (Tablo 2). Trafik yönünden lokaliteler arasında Ni, Cu ve Zn elementleri bakımından çok önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P \leq 0,01$). Diğer elementler de ise istatistiksel yönden önemli bir farklılık elde edilememiştir (Tablo 2). Trafiğin olduğu lokalitelerde Pb ($8,23 \pm 0,36$), Ni ($7,10 \pm 0,37$), Cr ($0,90 \pm 0,04$), Cu ($17,25 \pm 0,45$), Fe ($58,66 \pm 3,21$) ve Zn ($20,27 \pm 1,02$) değerleri trafiğin olmadığı bölgelere oranla yüksek çıkmıştır. Lokalite bazında değerlendirildiğinde trafiğin olduğu alanda en fazla Co Rize merkez sahil yolunda en az ise Kemalpaşa sahil yolu lokalitesindedir. Trafiğin olmadığı alanda ise en fazla Hopa Yoldere Köyü en az ise Kemalpaşa Osmaniye Köyü lokalitesindedir (Şekil 22). Pb trafiğin yoğun olduğu alanlardan en fazla Hopa sahil yolu en az Tirebolu sahil yolu lokalitesinde tespit edilmiştir. Trafiğin olmadığı alanda ise en fazla Kemalpaşa Osmaniye Köyü'nde en az Çayeli Maltepe Köyü'ndedir (Şekil 23). Trafiğin yoğun olduğu alanlarda Ni elementi ele alındığında en fazla Tirebolu sahil yolu en az Of sahil yolu lokalitesindedir. Trafiğin olmadığı alanda en fazla Of Dumlusu Köyü en az Çayeli Maltepe Köyü'nde tespit edilmiştir (Şekil 24). Cr trafiğin yoğun olduğu alanlarda en fazla Ardeşen sahil yolu en az Kemalpaşa sahil yolu lokalitesindedir. Trafiğin olmadığı alanlarda en fazla Of Dumlusu Köyü en az ise Kemalpaşa Osmaniye Köyü lokalitelerinde tespit edilmiştir (Şekil 25). Cu trafiğin yoğun olduğu alanda en fazla Çayeli sahil yolu en az Of sahil yolu lokalitelerindedir. Trafiğin olmadığı alanda ise en fazla Hopa Yoldere Köyü en az Kemalpaşa Osmaniye Köyü'nde tespit edilmiştir (Şekil 26). Trafiğin yoğun olduğu alanda Fe en fazla Ardeşen sahil yolu en az Kemalpaşa sahil yolu, trafiğin olmadığı alanlarda ise en fazla Of Dumlusu Köyü en az ise Kemalpaşa Osmaniye Köyü'nde tespit edilmiştir (Şekil 27). Zn elementi trafiğin yoğun olduğu alanlarda en fazla Çayeli sahil yolu en az Tirebolu sahil yolu lokalitelerindedir. Trafiğin olmadığı alanlarda ise en fazla Ardeşen Çıraklar Köyü en az Kemalpaşa Osmaniye Köyü lokalitesindedir (Şekil 28). Mn, trafiğin yoğun olduğu alanlarda en fazla Rize

sahil yolu en az Çayeli sahil yolu lokalitelerinde, trafiğin olmadığı alanlarda ise en fazla Of Dumlusu Köyü en az ise Kemalpaşa Osmaniye Köyü'nde tespit edilmiştir (şekil 29).

Co elementi Kemalpaşa, Hopa, Çayeli, Rize Merkez lokalitelerinde trafiğin yoğun olduğu alanlarda daha fazla bulunmuştur. Pb elementinde ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda Hopa, Çayeli, Rize Merkez, Of, Araklı lokalitelerinde daha fazla değerler bulunmuştur. Diğer bir element olan Ni'de Kemalpaşa, Hopa, Çayeli, Rize Merkez, Araklı, Tirebolu lokalitelerinde trafiğin yoğun olduğu alanlarda daha fazla tespit edilmiştir. Cr elementinde ise Kemalpaşa, Hopa, Ardeşen, Rize Merkez ve Araklı lokalitelerinde trafiğin yoğun olduğu alanlarda daha fazla bulunmuştur. Cu elementi Kemalpaşa, Ardeşen, Çayeli, Rize Merkez, Araklı ve Tirebolu lokalitelerinde trafiğin yoğun olduğu alanlarda daha fazla bulunmuştur. Fe elementine bakılacak olursa Kemalpaşa, Ardeşen, Çayeli, Araklı ve Tirebolu lokalitelerinde trafik yönünden trafiğin yoğun olduğu alanlarda daha fazla bulunmuştur. Zn elementinde ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda Kemalpaşa, Ardeşen, Çayeli, Rize Merkez, Of, Araklı, Tirebolu lokalitelerinde daha fazla bulunmuştur. Mn elementi ise Kemalpaşa, Ardeşen, Rize Merkez ve Araklı lokalitelerinde trafiğin yoğun olduğu alanlarda daha fazla bulunmuştur.

Tablo 2. Çay yapraklarının trafiğın olduğu alanlar ile trafikten uzak alanların One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önemlilik
Co	Gruplar arası	0,891	1	0,891	3,189	0,076
	Grup içi	39,680	142	0,279		
	Toplam	40,571	143			
Pb	Gruplar arası	12,234	1	12,234	1,207	0,274
	Grup içi	1438,740	142	10,132		
	Toplam	1450,974	143			
Ni	Gruplar arası	112,970	1	112,970	10,028	0,002**
	Grup içi	1599,628	142	11,265		
	Toplam	1712,599	143			
Cr	Gruplar arası	0,028	1	0,028	0,167	0,683
	Grup içi	23,479	142	0,165		
	Toplam	23,507	143			
Cu	Gruplar arası	144,378	1	144,378	9,297	0,003**
	Grup içi	2205,131	142	15,529		
	Toplam	2349,509	143			
Fe	Gruplar arası	1606,814	1	1606,814	3,553	0,061
	Grup içi	64215,104	142	452,219		
	Toplam	65821,918	143			
Zn	Gruplar arası	1078,619	1	1078,619	18,634	0,000**
	Grup içi	8219,683	142	57,885		
	Toplam	9298,302	143			
Mn	Gruplar arası	112171,630	1	112171,630	0,937	0,335
	Grup içi	1,700E7	142	119751,576		
	Toplam	1,712E7	143			

P≤0,01**, **P≤0,05***

Çay yapraklarında lokaliteler arasında önemli bir farklılığın olup olmadığı One-Way Anova testi ile değerlendirilmiş ve sonuçları Tablo 3’de gösterilmiştir. Lokaliteler arasında Co, Ni, Fe, Zn ve Mn elementlerinde çok önemli farklılıklar ($P \leq 0,01$), Cr ve Cu elementlerinde ise $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Tukey HSD sonuçlarına göre; Co elementinde önemli farklılık tespit edilmiştir (Tablo 5). Ni elementinde; Tirebolu sahil yolu ile Çayeli Maltepe Köyü lokaliteleri arasında farklılık en fazla görülmüştür (Tablo 7). Cr elementinde; Kemalpaşa Osmaniye Köyü ile Of Dumlusu Köyü lokaliteleri arasında farklılıklar daha fazladır (Tablo 8). Cu elementinde; Kemalpaşa Osmaniye Köyü ile Çayeli sahil yolu ve Ardeşen sahil yolu lokalitelerindeki değerler birbirinden en uzaktadır (Tablo 9). Fe elementinde; Kemalpaşa Osmaniye Köyü ile Ardeşen sahil yolu lokaliteleri arasında farklılıklar fazladır (Tablo 10). Zn elementinde; Ardeşen sahil yolu, Çayeli sahil yolu ile Kemalpaşa Osmaniye Köyü lokaliteleri arasında en fazla farklılık bulunmuştur (Tablo 11). Mn elementinde ise Of Dumlusu Köyü, Rize merkez sahil yolu ile Çayeli sahil yolu ve Hopa sahil yolu lokaliteleri arasında en çok farklılık bulunmuştur (Tablo 12).

Tablo 3. Çay yapraklarının lokalitelere göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.

		Kareler	Serbestlik	Kareler	F	Önemlilik
		Toplamı	derecesi	ortalaması	değeri	
Co	Gruplar arası	12,428	15	0,829	3,768	0,000**
	Grup içi	28,143	128	0,220		
	Toplam	40,571	143			
Pb	Gruplar arası	181,354	15	12,090	1,219	0,266
	Grup içi	1269,620	128	9,919		
	Toplam	1450,974	143			
Ni	Gruplar arası	419,352	15	27,957	2,839	0,001**
	Grup içi	1260,432	128	9,847		
	Toplam	1679,784	143			
Cr	Gruplar arası	4,595	15	0,306	2,127	0,012*
	Grup içi	18,434	128	0,144		
	Toplam	23,029	143			
Cu	Gruplar arası	425,905	15	28,394	1,889	0,030*
	Grup içi	1923,604	128	15,028		
	Toplam	2349,509	143			
Fe	Gruplar arası	21370,449	15	1424,697	4,102	0,000**
	Grup içi	44451,470	128	347,277		
	Toplam	65821,918	143			
Zn	Gruplar arası	2480,463	15	165,364	3,105	0,000**
	Grup içi	6817,839	128	53,264		
	Toplam	9298,302	143			
Mn	Gruplar arası	8036553,838	15	535770,256	7,552	0,000**
	Grup içi	9080341,649	128	70940,169		
	Toplam	1,712E7	143			

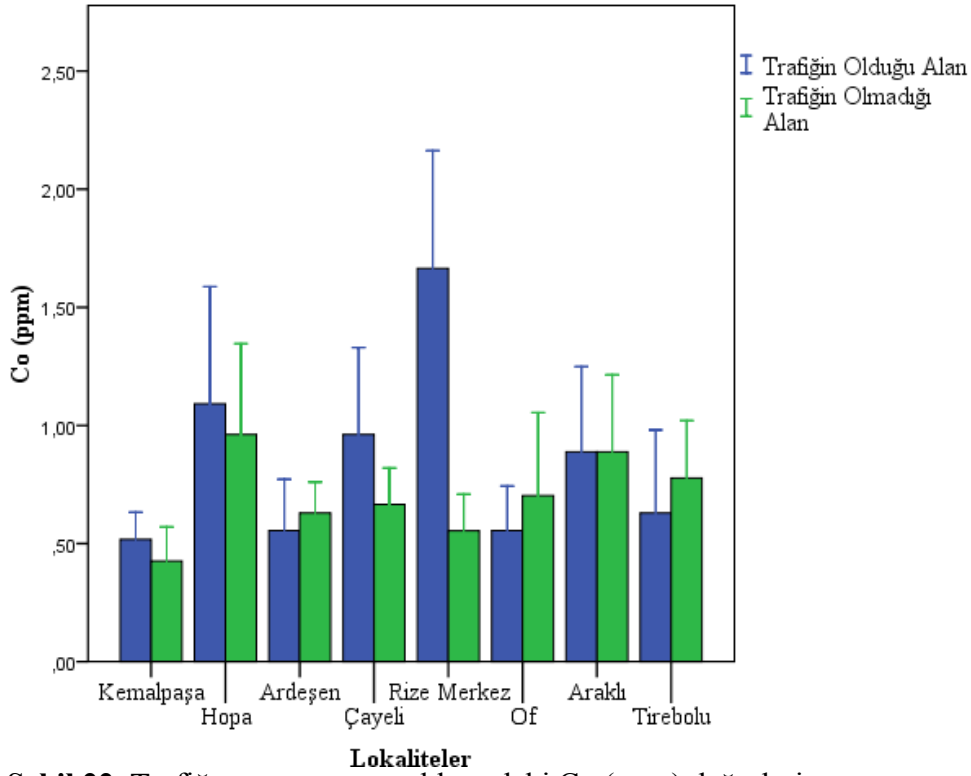
P≤0,01**, **P≤0,05***

Tablo 4. Lokalitelerin ağır metal içerikleri (ortalama+standart hata ve Tukey HSD değerleri).

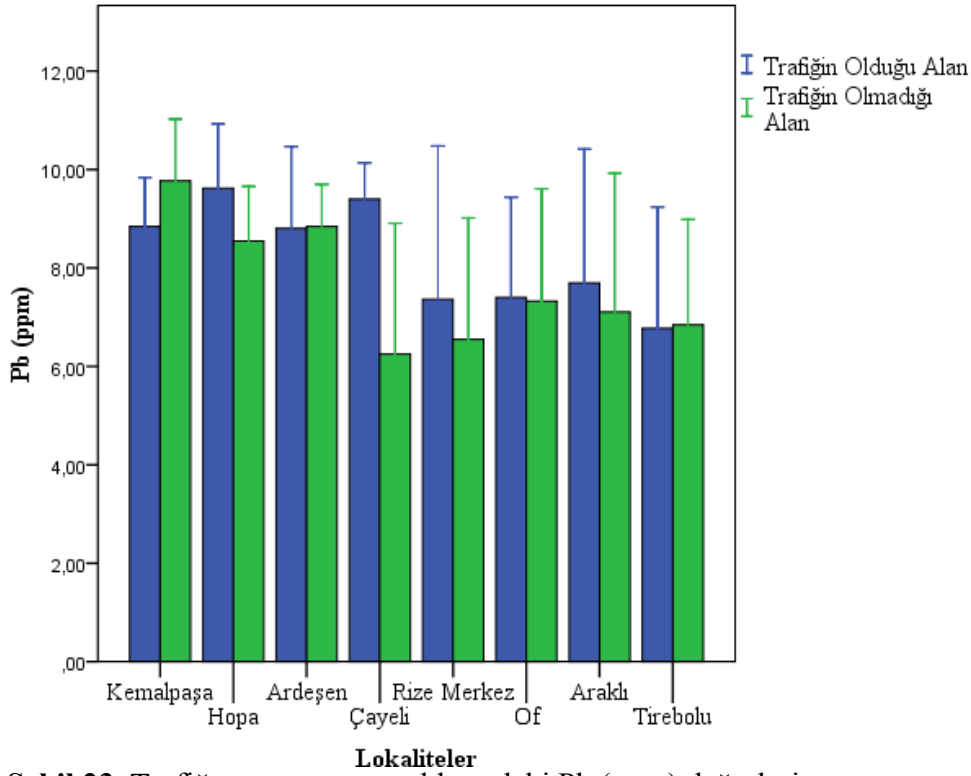
	Co(ppm)	Pb(ppm)	Ni(ppm)	Cr(ppm)	Cu(ppm)	Fe(ppm)	Zn(ppm)	Mn(ppm)
Kemalpaşa Sahil Yolu	0,518±0,058 (b)	8,843±0,505 (a)	5,180±1,216 (abc)	0,629±0,129 (ab)	15,577±1,166 (ab)	35,150±6,228 (cd)	16,243±2,420 (abc)	561,770±63,845 (bc)
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	0,425±0,074 (b)	9,768±0,640 (a)	5,143±1,226 (abc)	0,481±0,097 (b)	12,543±1,332 (b)	20,942±4,201 (d)	10,508±2,908 (c)	412,326±95,272 (bc)
Hopa Sahil Yolu	1,091±0,252 (ab)	9,620±0,667 (a)	6,956±0,965 (abc)	0,925±0,121 (ab)	16,206±1,882 (ab)	54,352±12,926 (abc)	18,130±3,118 (abc)	360,379±47,881 (c)
Hopa Yoldere Köyü	0,962±0,195 (ab)	8,547±0,565 (a)	5,291±0,874 (abc)	0,851±0,137 (ab)	17,501±0,851 (ab)	57,905±3,526 (abc)	18,241±1,623 (abc)	705,960±186,878 (bc)
Ardeşen Sahil Yolu	0,555±0,111 (b)	8,806±0,847 (a)	6,845±1,093 (abc)	1,073±0,121 (ab)	19,018±0,348 (a)	71,595±5,680 (a)	24,050±1,907 (ab)	684,796±54,478 (bc)
Ardeşen Çıraklar Köyü	0,629±0,066 (b)	8,843±0,437 (a)	6,845±0,983 (abc)	0,962±0,170 (ab)	16,650±0,351 (ab)	50,542±6,343 (abcd)	19,129±1,714 (abc)	613,201±55,194 (bc)
Çayeli Sahil Yolu	0,962±0,187 (ab)	9,398±0,375 (a)	8,214±1,026 (ab)	0,851±0,058 (ab)	19,425±0,651 (a)	58,608±4,015 (abc)	24,457±2,439 (a)	297,110±10,708 (c)
Çayeli Maltepe Köyü	0,666±0,078 (b)	6,251±1,355 (a)	2,257±0,341 (c)	0,925±0,173 (ab)	14,763±1,954 (ab)	52,947±3,456 (abc)	11,655±1,995 (c)	687,016±99,601 (bc)
RizeMerkez Sahil Yolu	1,665±0,254 (a)	7,363±1,589 (a)	7,881±1,156 (ab)	0,962±0,117 (ab)	16,576±1,112 (ab)	47,360±6,604 (abcd)	22,644±2,383 (a)	1168,525±88,950 (a)
RizeMerkez Köprülü Bölgesi	0,554±0,078 (b)	6,549±1,258 (a)	3,367±0,311 (bc)	0,740±0,048 (ab)	14,245±1,302 (ab)	52,947±3,456 (abc)	14,800±0,682 (bc)	721,389±57,692 (bc)

Tablo 4. (devam) Lokalitelerin ağır metal içerikleri (ortalama±standart hata ve Tukey HSD değerleri).

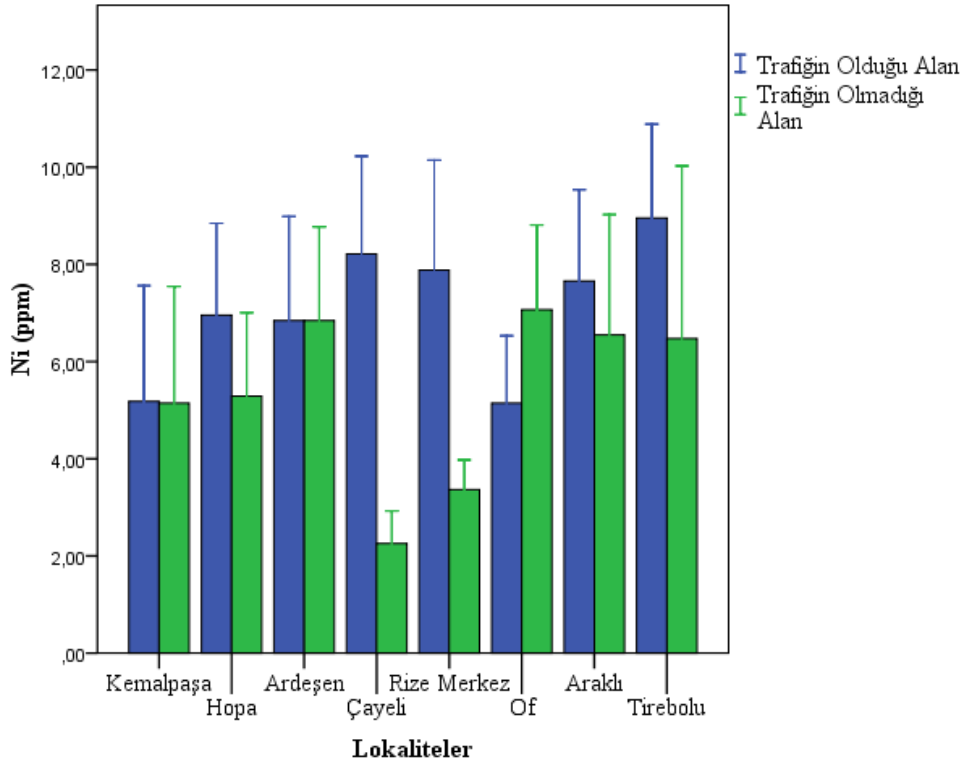
Of Sahil Yolu	0,555±0,096 (b)	7,400±1,039 (a)	5,143±0,708 (abc)	0,777±0,124 (ab)	15,762±1,418 (ab)	54,723±3,453 (abc)	18,907±2,325 (abc)	631,368±70,859 (bc)
Of Dumlusu Köyü	0,703±0,179 (b)	7,326±1,162 (a)	7,067±0,889 (abc)	1,221±0,111 (a)	15,836±1,193 (ab)	63,640±2,055 (abc)	17,390±0,712 (abc)	1176,341±54,475 (a)
Araklı Sahil Yolu	0,888±0,184 (b)	7,696±1,387 (a)	7,659±1,263 (abc)	1,072±0,107 (ab)	18,204±1,542 (ab)	62,512±7,575 (abc)	21,164±3,568 (a)	835,682±106,571 (ab)
Araklı Yolgören Bölgesi	0,888±0,166 (b)	7,104±1,437 (a)	6,549±1,263 (abc)	0,776±0,157 (ab)	15,170±2,060 (ab)	39,627±5,161 (bcd)	15,762±1,603 (abc)	548,118±85,424 (bc)
Tirebolu Sahil Yolu	0,629±0,179 (b)	6,771±1,258 (a)	8,954±0,985 (a)	0,925±0,133 (ab)	17,279±1,176 (ab)	65,897±5,733 (ab)	16,613±4,073 (abc)	706,922±110,395 (bc)
Tirebolu Tevekli Köyü	0,777±0,124 (b)	6,845±1,093 (a)	6,474±1,811 (abc)	1,073±0,144 (ab)	15,318±0,668 (ab)	58,904±6,250 (abc)	10,933±2,745 (bc)	828,763±98,112 (ab)



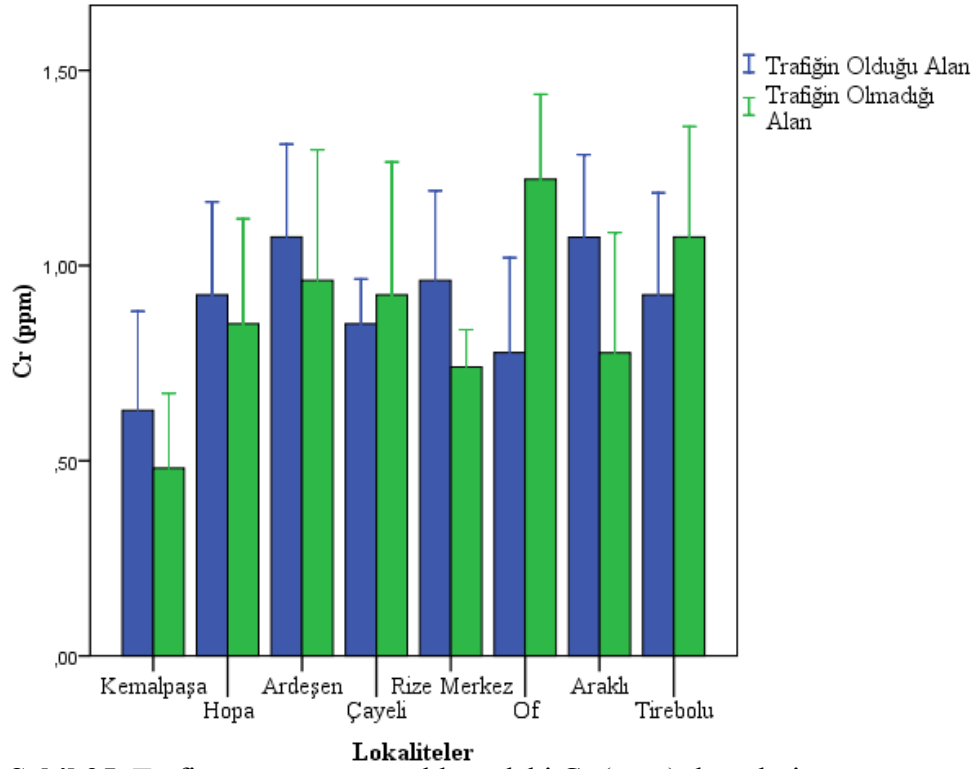
Şekil 22. Trafikçe göre çay yapraklarındaki Co (ppm) değeri.



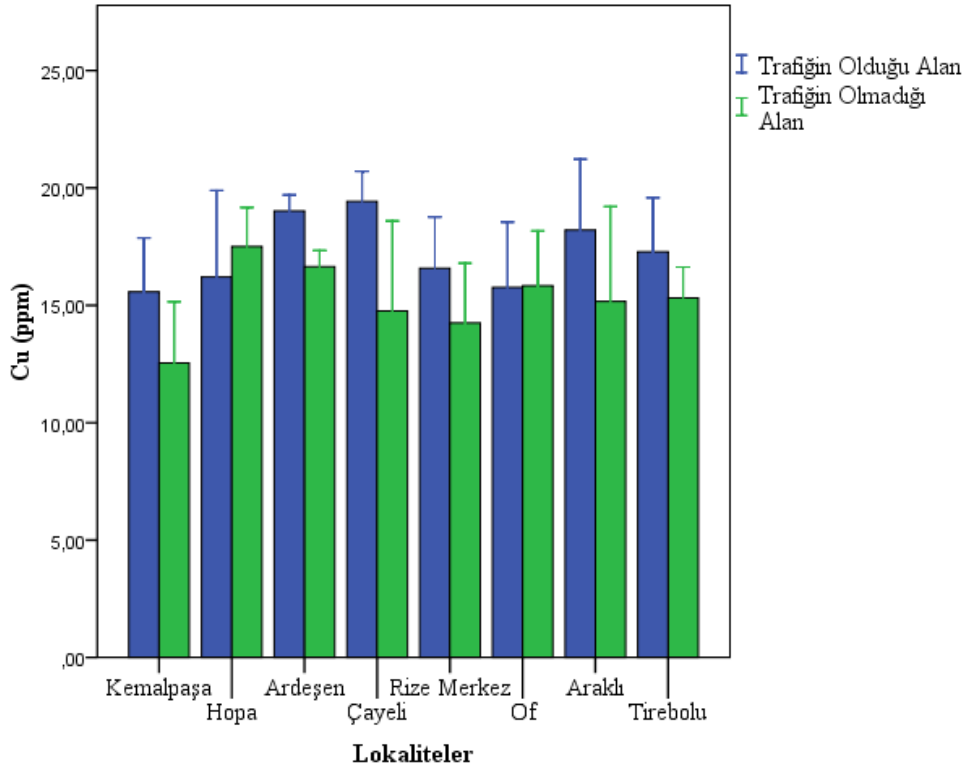
Şekil 23. Trafikçe göre çay yapraklarındaki Pb (ppm) değeri.



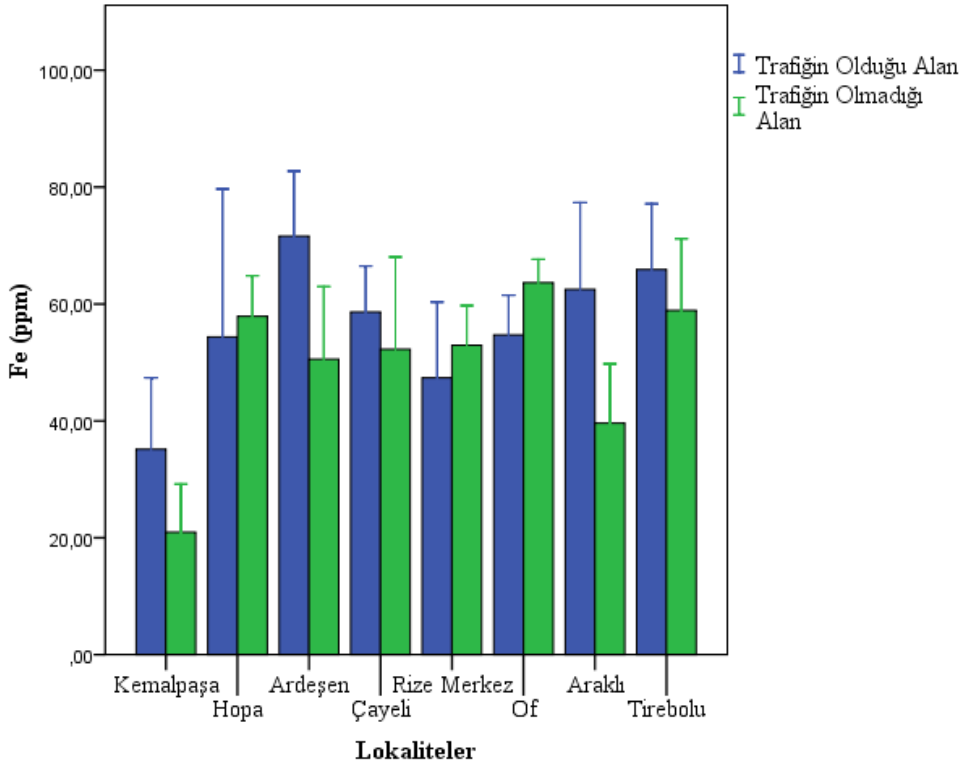
Şekil 24. Trafiğe göre çay yapraklarındaki Ni (ppm) değerleri.



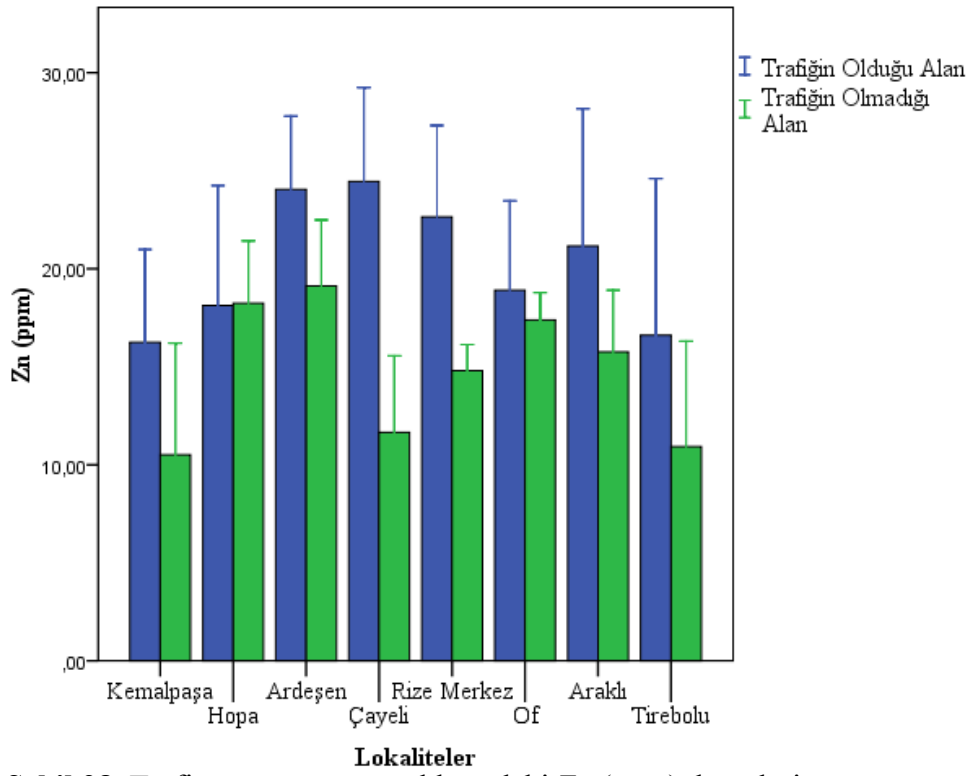
Şekil 25. Trafiğe göre çay yapraklarındaki Cr (ppm) değerleri.



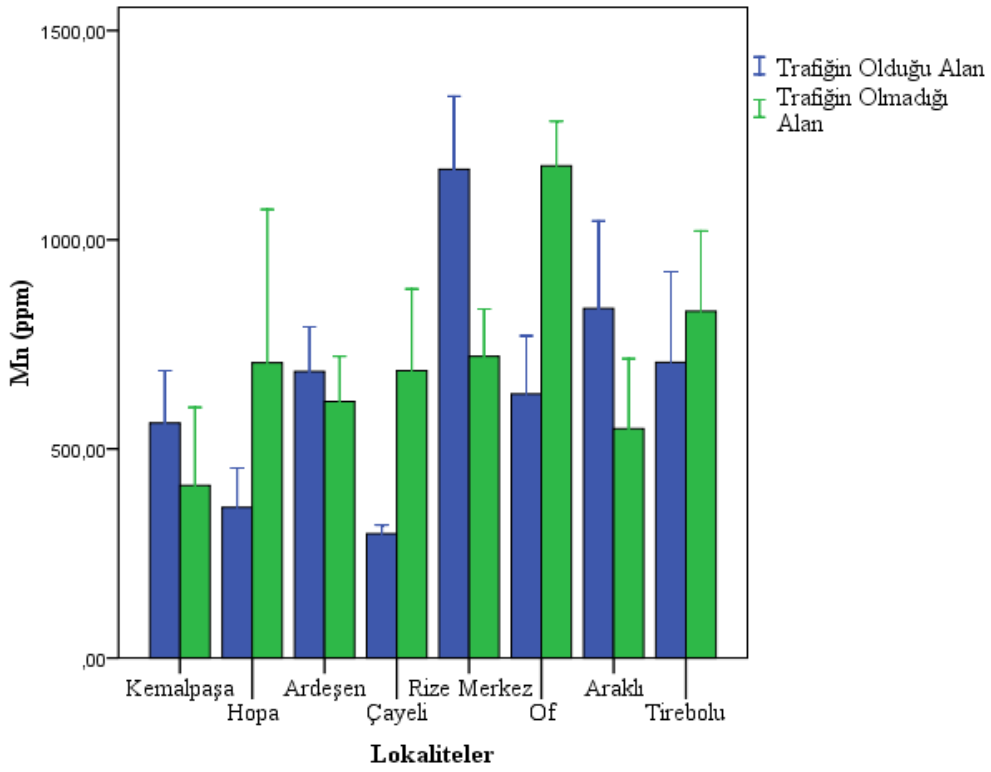
Şekil 26. Trafığe göre çay yapraklarındaki Cu (ppm) değerleri.



Şekil 27. Trafığe göre çay yapraklarındaki Fe (ppm) değerleri.



Şekil 28. Trafikçe göre çay yapraklarındaki Zn (ppm) değeri.



Şekil 29. Trafikçe göre çay yapraklarındaki Mn (ppm) değeri.

Tablo 5. Çay yapraklarının lokalitelere göre Co yönünden Tukey HSD sonuçları.

Co			
Lokaliteler	N	α Alt kümesi= 0.05	
		1	2
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	9	0,4256 b	
Kemalpaşa Sahil Yolu	9	0,5180 b	
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	9	0,5543 b	
Ardeşen Sahil Yolu	9	0,5550 b	
Of Sahil Yolu	9	0,5550 b	
Ardeşen Çıraklar Köyü	9	0,6290 b	
Tirebolu Sahil Yolu	9	0,6290 b	
Çayeli Maltepe Köyü	9	0,6660 b	
Of Dumlusu Köyü	9	0,7030 b	
Tirebolu- Tevekli Köyü	9	0,7770 b	
Araklı Sahil Yolu	9	0,8880 b	
Araklı Yolgören Bölgesi	9	0,8880 b	
Hopa Yoldere Köyü	9	0,9620	0,9620 ab
Çayeli Sahil Yolu	9	0,9620	0,9620 ab
Hopa Sahil Yolu	9	1,0916	1,0916 ab
Rize Merkez Sahil Yolu	9		1,6650 a
Önemlilik		0,179	0,119

Tablo 6. Çay yapraklarının lokalitelere göre Pb yönünden Tukey HSD sonuçları.

Pb		
Lokaliteler	N	α Alt kümesi= 0.05
		1
Tirebolu Tevekli Köyü	18	6,5675 a
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	18	6,6785 a
Tirebolu Sahil Yolu	18	6,6970 a
Araklı Yolgören Bölgesi	18	6,7710 a
Rize Merkez Sahil Yolu	18	6,8450 a
Çayeli Maltepe Köyü	18	6,9375 a
Of Dumlusu Köyü	18	7,2335 a
Araklı Sahil Yolu	18	7,2520 a
Of Sahil Yolu	18	7,2705 a
Ardeşen Sahil Yolu	18	8,8430 a
Kemalpaşa Sahil Yolu	18	8,8430 a
Ardeşen Çıraklar Köyü	18	8,9355 a
Hopa Yoldere Köyü	18	9,1390 a
Çayeli Sahil Yolu	18	9,2315 a
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	18	9,2500 a
Hopa Sahil Yolu	18	9,5645 a
Önemlilik		0,574

Tablo 7. Çay yapraklarının lokalitelere göre Ni yönünden Tukey HSD sonuçları.

Lokaliteler	N	Ni		
		α Alt kümesi= 0.05		
		1	2	3
Çayeli Maltepe Köyü	9	2,2573 c		
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	9	3,3670	3,3670 bc	
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	9	5,1430	5,1430	5,1430 abc
Of Sahil Yolu	9	5,1430	5,1430	5,1430 abc
Kemalpaşa Sahil Yolu	9	5,1800	5,1800	5,1800 abc
Hopa Yoldere Köyü	9	5,2910	5,2910	5,2910 abc
Tirebolu Tevekli Köyü	9	6,4743	6,4743	6,4743 abc
Araklı Yolgören Bölgesi	9	6,5490	6,5490	6,5490 abc
Ardeşen Sahil Yolu	9	6,8450	6,8450	6,8450 abc
Ardeşen Çıraklar Köyü	9	6,8450	6,8450	6,8450 abc
Hopa Sahil Yolu	9	6,9560	6,9560	6,9560 abc
Of Dumlusu Köyü	9	7,0670	7,0670	7,0670 abc
Araklı Sahil Yolu	9		7,6590	7,6590 ab
Rize Merkez Sahil Yolu	9		7,8810	7,8810 ab
Çayeli Sahil Yolu	9		8,2140	8,2140 ab
Tirebolu Sahil Yolu	9			8,9540 a
Önemlilik		0,099	0,092	0,424

Tablo 8. Çay yapraklarının lokalitelere göre Cr yönünden Tukey HSD sonuçları.

Lokaliteler	N	Cr	
		α Alt kümesi= 0.05	
		1	2
KemalpaşaOsmaniye Köyü	9	0,4810 b	
Kemalpaşa Sahil Yolu	9	0,6290	0,6290 ab
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	9	0,7400	0,7400 ab
Araklı Yolgören Bölgesi	9	0,7767	0,7767 ab
Of Sahil Yolu	9	0,7770	0,7770 ab
Hopa Yoldere Köyü	9	0,8510	0,8510ab
Çayeli Sahil Yolu	9	0,8510	0,8510 ab
Çayeli Maltepe Köyü	9	0,9250	0,9250 ab
Tirebolu Sahil Yolu	9	0,9250	0,9250 ab
Hopa Sahil Yolu	9	0,9250	0,9250 ab
Rize Merkez Sahil Yolu	9	0,9620	0,9620 ab
Ardeşen Çıraklar Köyü	9	0,9620	0,9620 ab
Araklı Sahil Yolu	9	1,0728	1,0728 ab
Tirebolu Tevekli Köyü	9	1,0730	1,0730 ab
Ardeşen Sahil Yolu	9	1,0730	1,0730 ab
Of Dumlusu Köyü	9		1,2210 a
Önemlilik		0,085	0,085

Tablo 9. Çay yapraklarının lokalitelere göre Cu yönünden Tukey HSD sonuçları.

Cu			
Lokaliteler	N	α Alt kümesi= 0.05	
		1	2
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	9	12,5430	b
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	9	14,2450	14,2450 ab
Çayeli Maltepe Köyü	9	14,7630	14,7630 ab
Araklı Yolgören Bölgesi	9	15,1700	15,1700 ab
Tirebolu Tevekli Köyü	9	15,3180	15,3180 ab
Kemalpaşa Sahil Yolu	9	15,5770	15,5770 ab
Of Sahil Yolu	9	15,7620	15,7620 ab
Of Dumlusu Köyü	9	15,8360	15,8360 ab
Hopa Sahil Yolu	9	16,2060	16,2060 ab
Rize Merkez Sahil Yolu	9	16,5760	16,5760 ab
Ardeşen Çıraklar Köyü	9	16,6500	16,6500 ab
Tirebolu Sahil Yolu	9	17,2790	17,2790 ab
Hopa Yoldere Köyü	9	17,5010	17,5010 ab
Araklı Sahil Yolu	9	18,2040	18,2040 ab
Ardeşen Sahil Yolu	9		19,0180 a
Çayeli Sahil Yolu	9		19,4250 a
Önemlilik		0,146	0,264

Tablo 10. Çay yapraklarının lokalitelere göre Fe yönünden Tukey HSD sonuçları.

Fe					
Lokaliteler	N	α Alt kümesi= 0.05			
		1	2	3	4
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	9	20,9420	d		
Kemalpaşa Sahil Yolu	9	35,1500	cd	35,1500	cd
Araklı Yolgören Bölgesi	9	39,6270	39,6270	39,6270	bcd
Rize Merkez Sahil Yolu	9	47,3600	47,3600	47,3600	47,3600 abcd
Ardeşen Çıraklar Köyü	9	50,5420	50,5420	50,5420	50,5420 abcd
Çayeli Maltepe Köyü	9		52,2440	52,2440	52,2440 abc
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	9		52,9470	52,9470	52,9470 abc
Hopa Sahil Yolu	9		54,3526	54,3526	54,3526 abc
Of Sahil Yolu	9		54,7230	54,7230	54,7230 abc
Hopa Yoldere Köyü	9		57,9050	57,9050	57,9050 abc
Çayeli Sahil Yolu	9		58,6080	58,6080	58,6080 abc
Tirebolu Tevekli Köyü	9		58,9040	58,9040	58,9040 abc
Araklı Sahil Yolu	9		62,5122	62,5122	62,5122 abc
Of Dumlusu Köyü	9		63,6400	63,6400	63,6400 abc
Tirebolu Sahil Yolu	9			65,8970	65,8970 ab
Ardeşen Sahil Yolu	9				71,5950 a
Önemlilik		0,072	0,101	0,188	0,307

Tablo 11. Çay yapraklarının lokalitelere göre Zn yönünden Tukey HSD sonuçları.

Zn				
Lokaliteler	N	α Alt kümesi= 0.05		
		1	2	3
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	18	11,0075 c		
Çayeli Maltepe Köyü	18	12,0250 c		
Tirebolu Tevekli Köyü	18	12,6170	12,6170 bc	
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	18	13,0055	13,0055 bc	
Hopa Sahil Yolu	18	15,3180	15,3180	15,3180 abc
Araklı Yolgören Bölgesi	18	15,5030	15,5030	15,5030 abc
Tirebolu Sahil Yolu	18	16,3355	16,3355	16,3355 abc
Kemalpaşa Sahil Yolu	18	16,7055	16,7055	16,7055 abc
Hopa Yoldere Köyü	18	16,7055	16,7055	16,7055 abc
Ardeşen Çıraklar Köyü	18	17,1495	17,1495	17,1495 abc
Of Sahil Yolu	18	17,3900	17,3900	17,3900 abc
Of Dumlusu Köyü	18	18,3890	18,3890	18,3890 abc
Ardeşen Sahil Yolu	18		20,5350	20,5350 ab
Araklı Sahil Yolu	18			20,9975 a
Rize Merkez Sahil Yolu	18			22,7180 a
Çayeli Sahil Yolu	18			23,2915 a
Önemlilik		0,105	0,054	0,050

Tablo 12. Çay yapraklarının lokalitelere göre Mn yönünden Tukey HSD sonuçları.

Mn				
Lokaliteler	N	α Alt kümesi= 0.05		
		1	2	3
Çayeli Sahil Yolu	9	297,1100 c		
Hopa Sahil Yolu	9	360,3791 c		
Kemalpaşa Osmaniye Köyü	9	412,3262	412,3262 bc	
Araklı Yolgören Bölgesi	9	548,1180	548,1180 bc	
Kemalpaşa Sahil Yolu	9	561,7708	561,7708 bc	
Ardeşen Çıraklar Köyü	9	613,2010	613,2010 bc	
Of Sahil Yolu	9	631,3680	631,3680 bc	
Ardeşen Sahil Yolu	9	684,7960	684,7960 bc	
Çayeli Maltepe Köyü	9	687,0160	687,0160 bc	
Hopa Yoldere Köyü	9	705,9600	705,9600 bc	
Tirebolu Sahil Yolu	9	706,9220	706,9220 bc	
Rize Merkez Köprülü Bölgesi	9	721,3890	721,3890 bc	
Tirebolu Tevekli Köyü	9		828,7630	828,7630 ab
Araklı Sahil Yolu	9		835,6820	835,6820 ab
Rize Merkez Sahil Yolu	9			1168,5259 a
Of- Dumlusu Köyü	9			1176,3410 a
Önemlilik		0,070	0,071	0,301

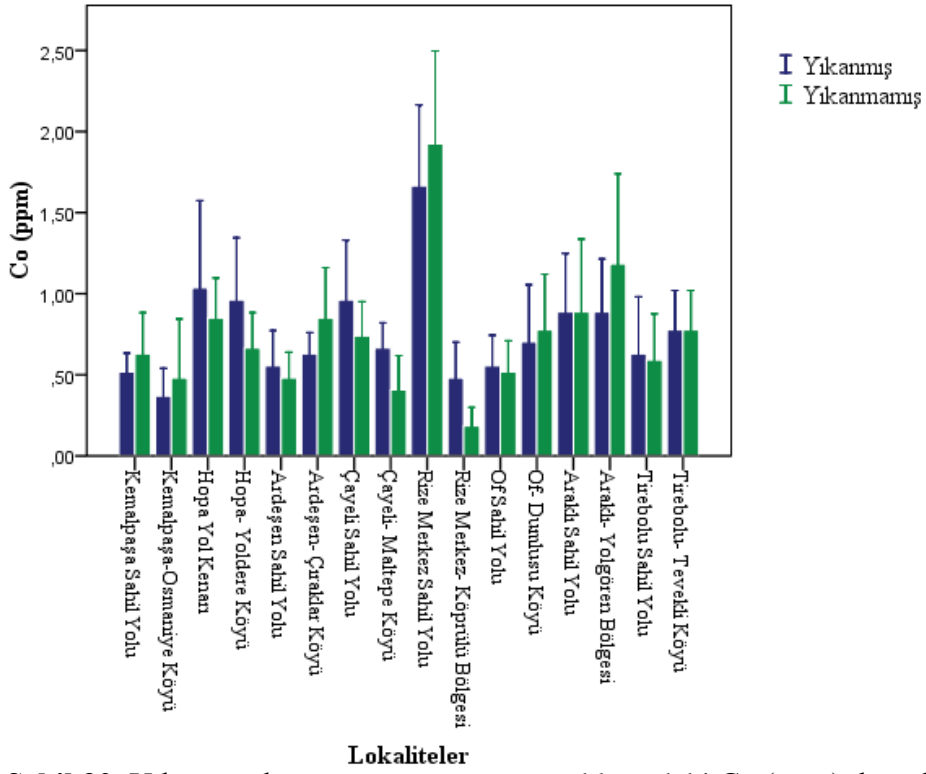
3.1.2. Çay Yapraklarının Yıkanma Durumuna Göre Değerlendirilmesi

Lokalitelerden toplanan çay yapraklarında yıkanma faktörünün önemli olup olmadığını belirlemek için oluşturulan yıkanmış ve yıkanmamış yaprak gruplarına ait değerler Şekil 30-37’de gösterilmiştir. Yıkanan ve yıkanmayan yapraklar arasındaki farklılıklar One-Way Anova testi ile değerlendirilmiş ve Tablo 13’de sonuçları verilmiştir. Sonuçta yaprakları yıkanmanın özellikle Fe’de çok önemli olduğu ($P \leq 0,01$) tespit edilmiştir. Yıkanmayan çay yapraklarında bütün lokalitelerde Fe miktarı fazla çıkmıştır (Şekil 35). Diğer elementler de lokaliteler arasında farklılık göstermektedir.

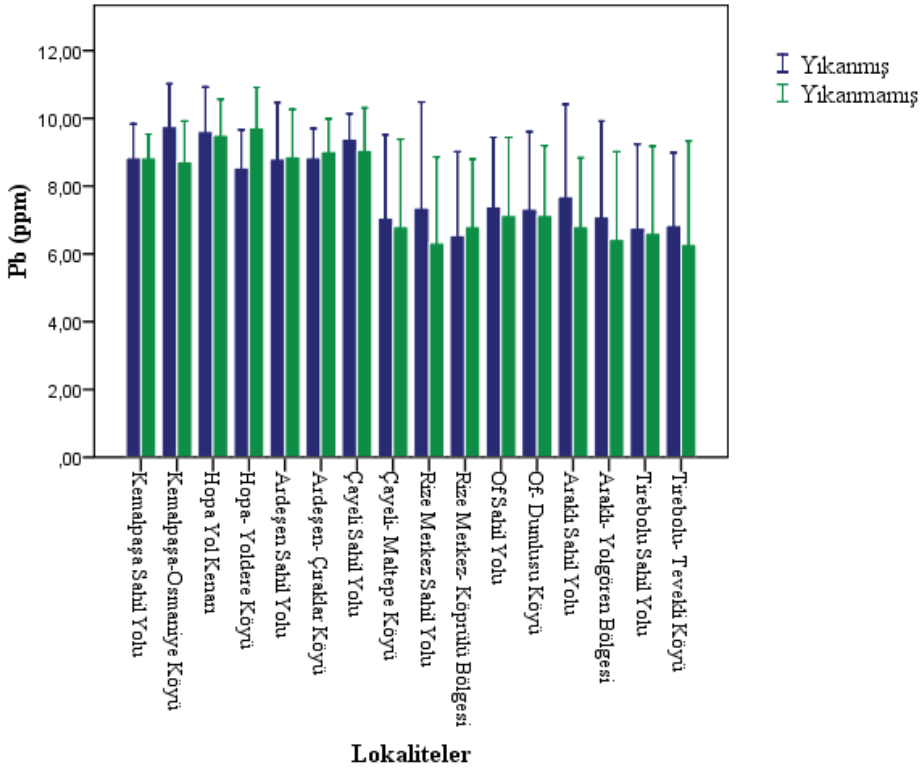
Tablo 13. Çay yapraklarının yıkanıp yıkanmama özelliğine göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önemlilik
Co	Gruplar arası	0,031	1	0,031	0,095	0,758
	Grup içi	94,150	286	0,329		
	Toplam	94,181	287			
Pb	Gruplar arası	4,006	1	4,006	0,411	0,522
	Grup içi	2789,582	286	9,754		
	Toplam	2793,588	287			
Ni	Gruplar arası	4,326	1	4,326	0,330	0,566
	Grup içi	3751,483	286	13,117		
	Toplam	3755,809	287			
Cr	Gruplar arası	0,281	1	0,281	1,723	0,190
	Grup içi	46,565	286	0,163		
	Toplam	46,845	287			
Cu	Gruplar arası	0,347	1	0,347	0,021	0,884
	Grup içi	4613,246	286	16,130		
	Toplam	4613,592	287			
Fe	Gruplar arası	9358,146	1	9358,146	7,493	0,007**
	Grup içi	357204,073	286	1248,965		
	Toplam	366562,219	287			
Zn	Gruplar arası	143,270	1	143,270	2,476	0,117
	Grup içi	16547,962	286	57,860		
	Toplam	16691,233	287			
Mn	Gruplar arası	1127,943	1	1127,943	0,008	0,927
	Grup içi	3,809E7	286	133192,347		
	Toplam	3,809E7	287			

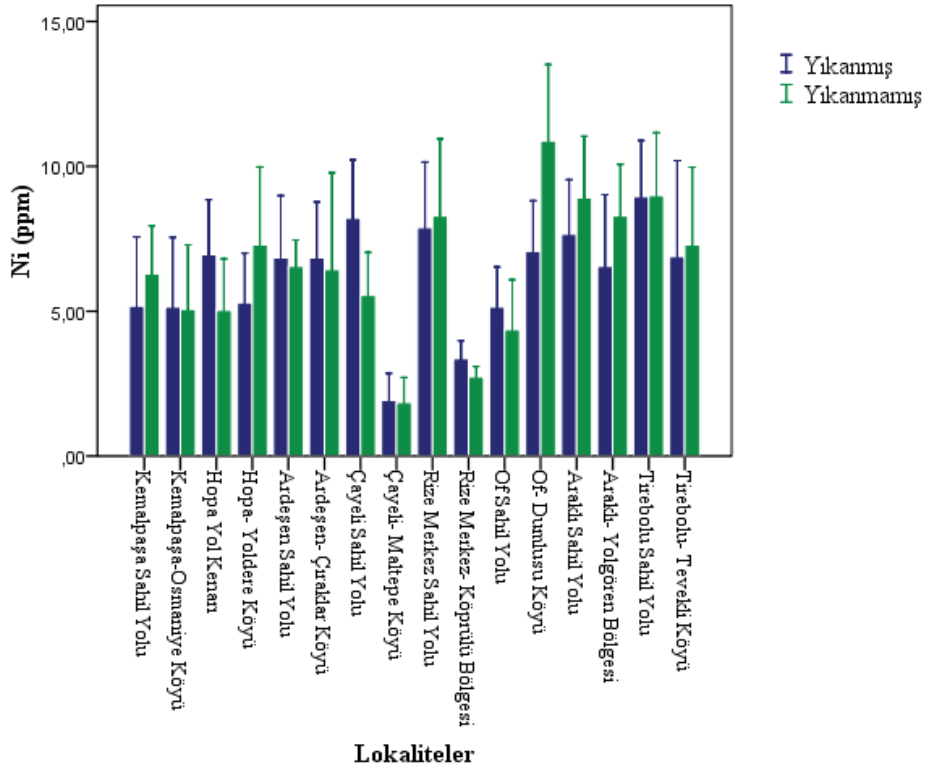
$P \leq 0,01$ **, $P \leq 0,05$ *



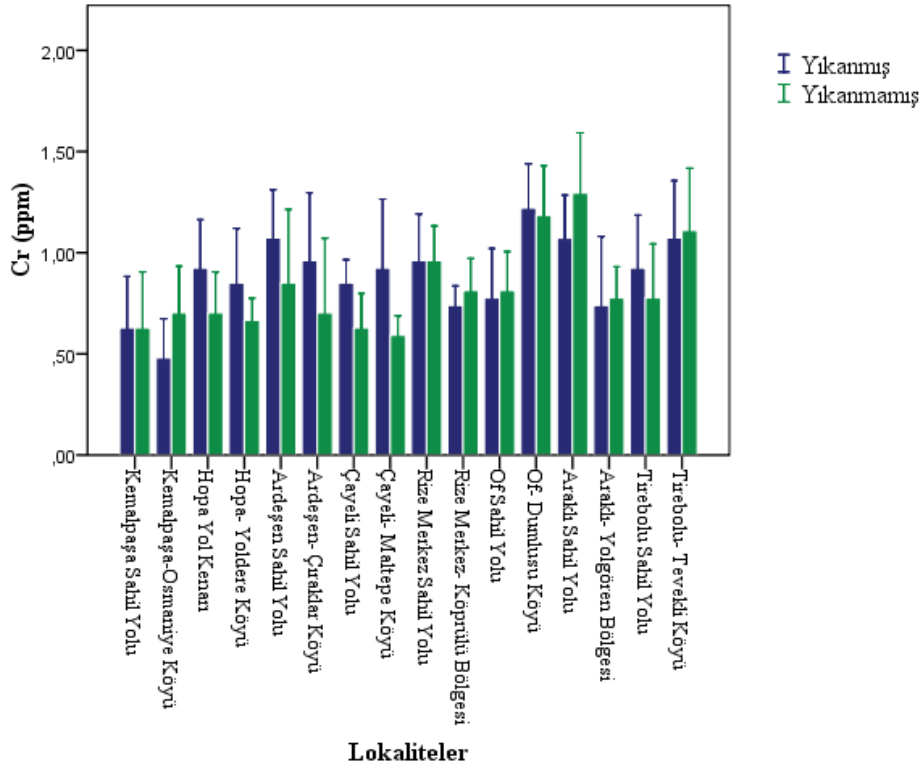
Şekil 30. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Co (ppm) değerleri.



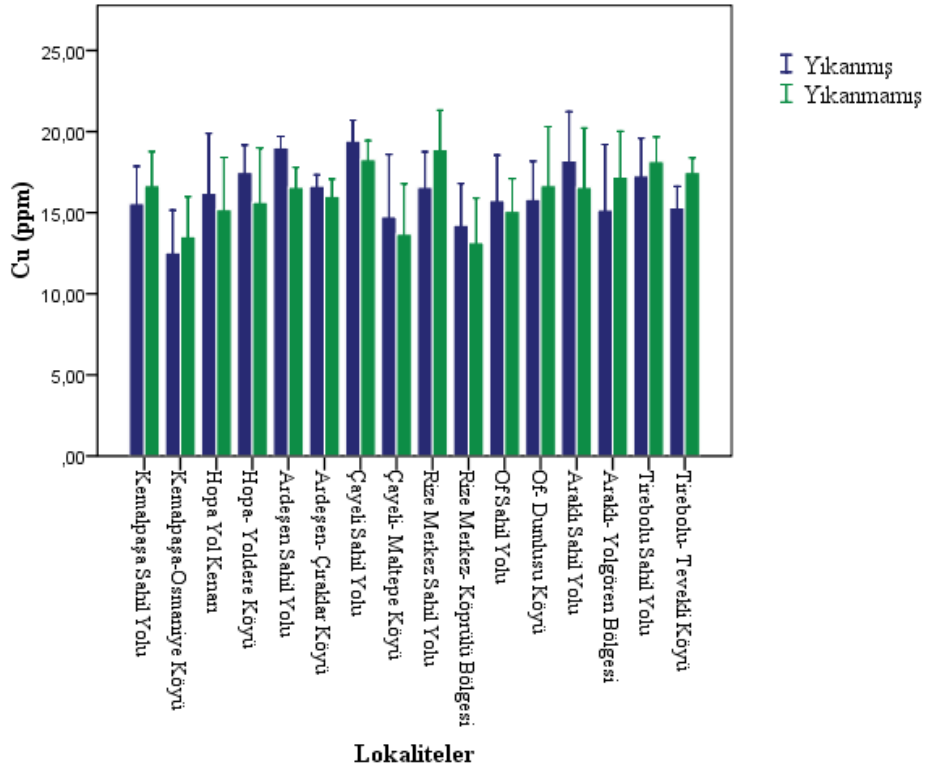
Şekil 31. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Pb (ppm) değerleri.



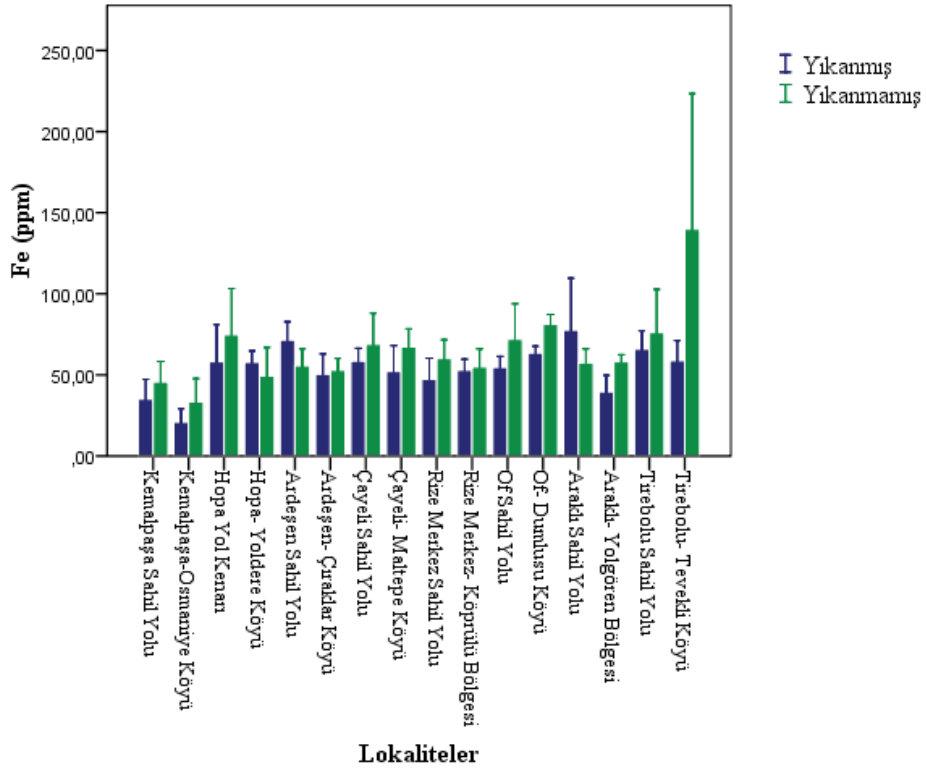
Şekil 32. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Ni (ppm) değerleri.



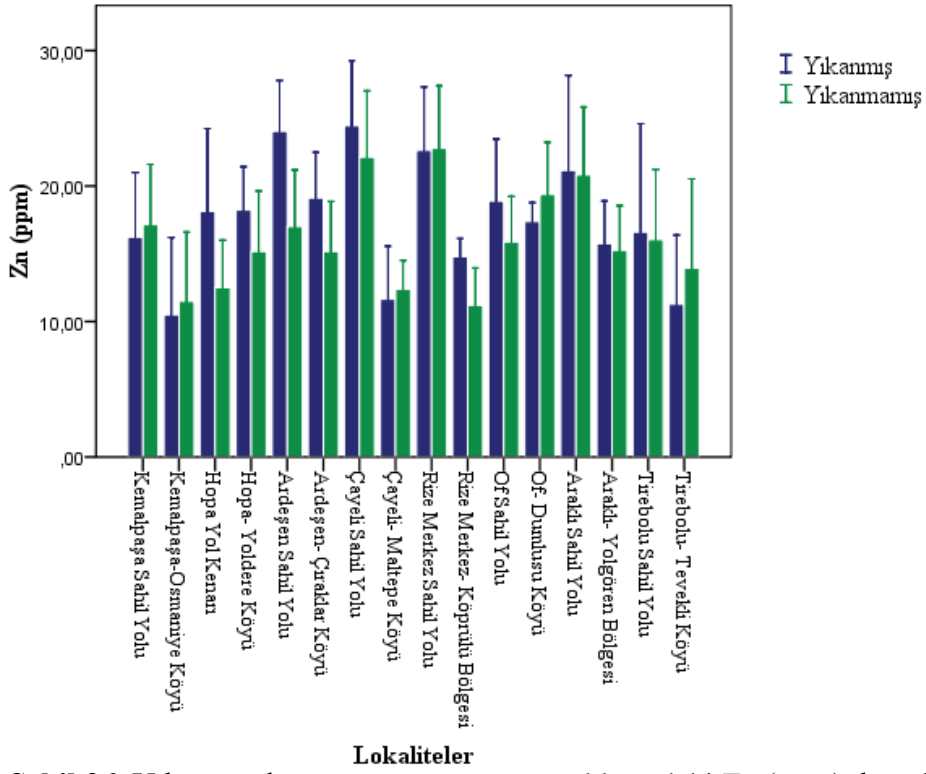
Şekil 33. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Cr (ppm) değerleri.



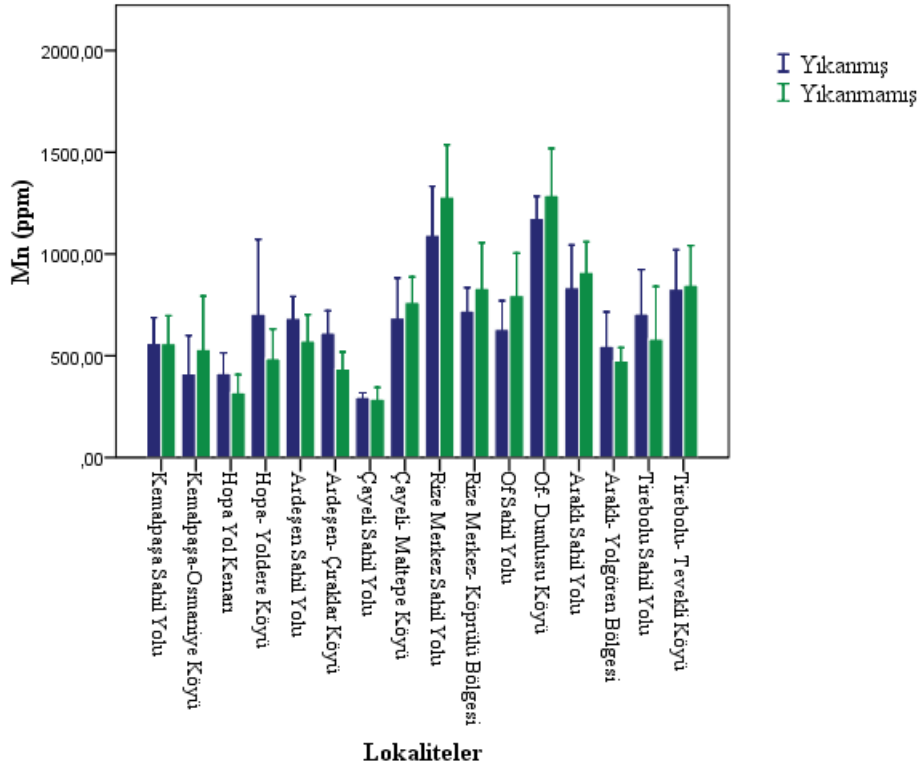
Şekil 34. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Cu (ppm) değerleri.



Şekil 35. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Fe (ppm) değerleri.



Şekil 36. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Zn (ppm) değerleri.



Şekil 37. Yıkama durumuna göre çay yapraklarındaki Mn (ppm) değerleri.

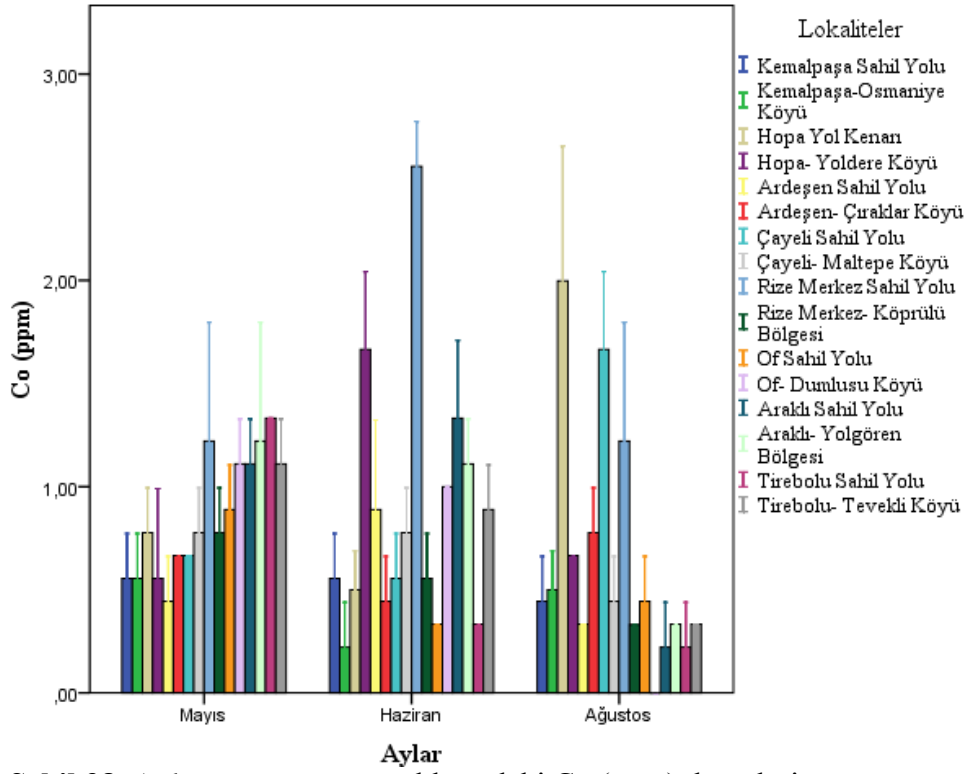
3.1.3. Çay Yapraklarının Aylara Göre Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Çay yapraklarının aylara göre ağır metal içerikleri One-Way Anova testi ile değerlendirildiğinde Pb, Cu, Fe, Zn ve Mn elementlerinde çok önemli farklılıklar ($P \leq 0,01$), Co elementinde ise $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Ni ve Cr elementlerinde ise aylar bakımından önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Tablo 14). Lokaliter arasında farklılıklar göstermekle birlikte özellikle ağustos ayında bazı lokalitelerde ağır metal içeriklerinin daha az olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre bütün lokalitelerin ağır metal içerikleri Şekil 38-45 arasında verilmiştir.

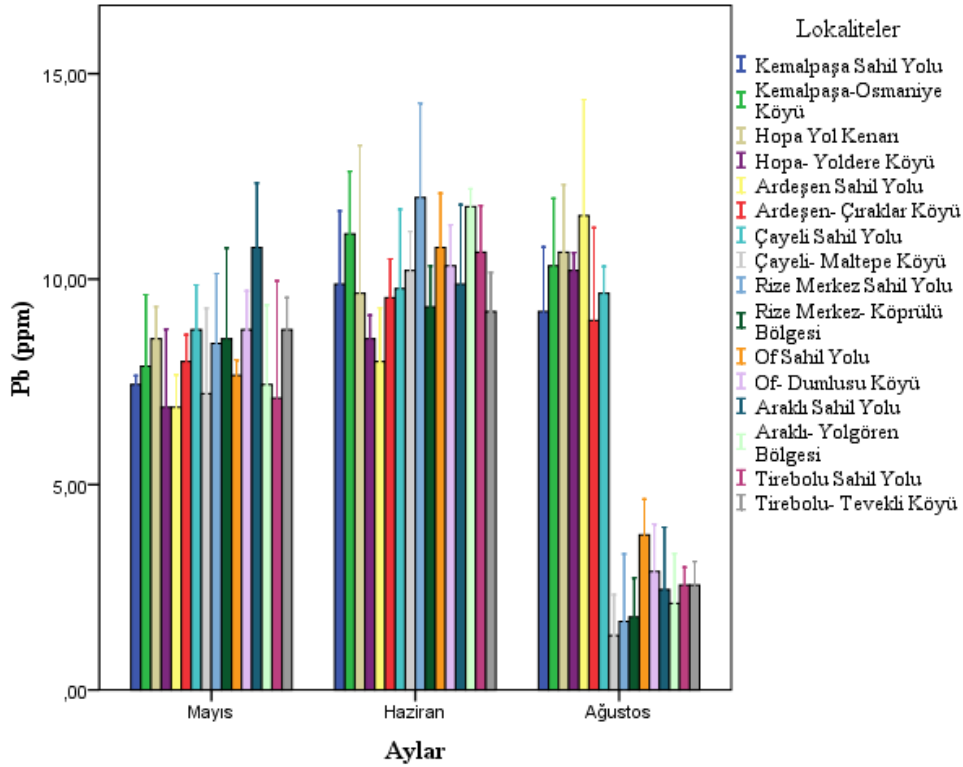
Tablo 14. Çay yapraklarının aylara göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.

		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik
Co	Gruplar arası	1,809	2	0,904	3,290	0,040*
	Grup içi	38,762	141	0,275		
	Toplam	40,571	143			
Pb	Gruplar arası	446,600	2	223,300	31,348	0,000**
	Grup içi	1004,375	141	7,123		
	Toplam	1450,974	143			
Ni	Gruplar arası	41,098	2	20,549	1,733	0,180
	Grup içi	1671,501	141	11,855		
	Toplam	1712,599	143			
Cr	Gruplar arası	0,753	2	0,377	2,334	0,101
	Grup içi	22,753	141	0,161		
	Toplam	23,507	143			
Cu	Gruplar arası	199,882	2	99,941	6,555	0,002**
	Grup içi	2149,627	141	15,246		
	Toplam	2349,509	143			
Fe	Gruplar arası	6749,647	2	3374,824	8,055	0,000**
	Grup içi	59072,271	141	418,952		
	Toplam	65821,918	143			
Zn	Gruplar arası	1051,168	2	525,584	8,986	0,000**
	Grup içi	8247,134	141	58,490		
	Toplam	9298,302	143			
Mn	Gruplar arası	1142774,575	2	571387,287	5,044	0,008**
	Grup içi	1,597E7	141	113291,638		
	Toplam	1,712E7	143			

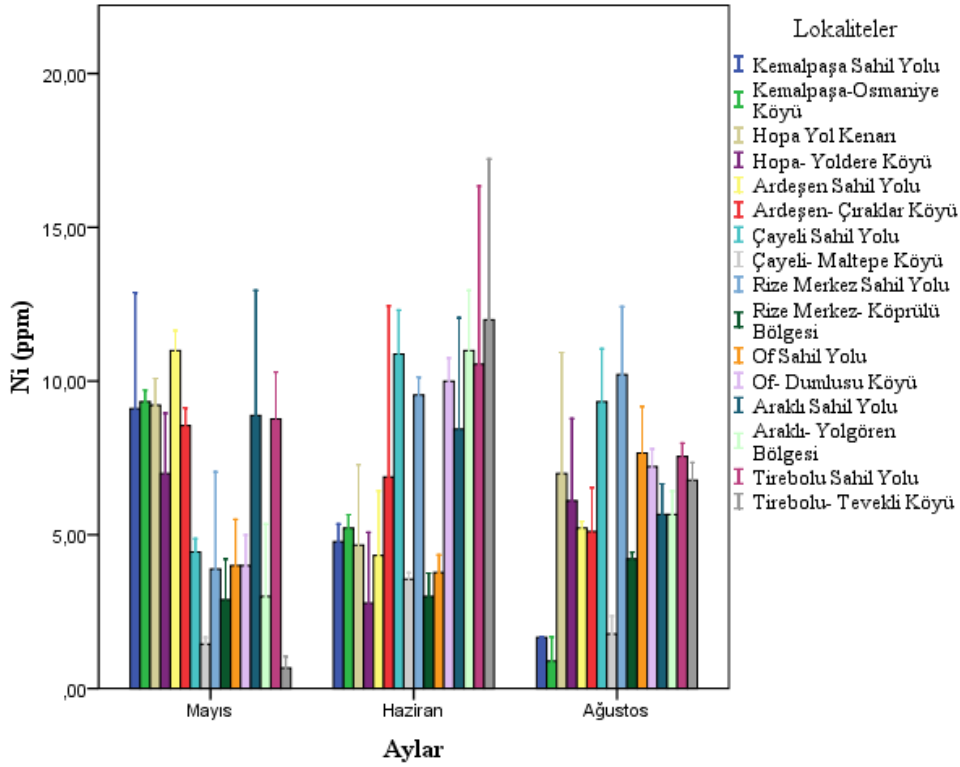
$P \leq 0,01$ **, $P \leq 0,05$ *



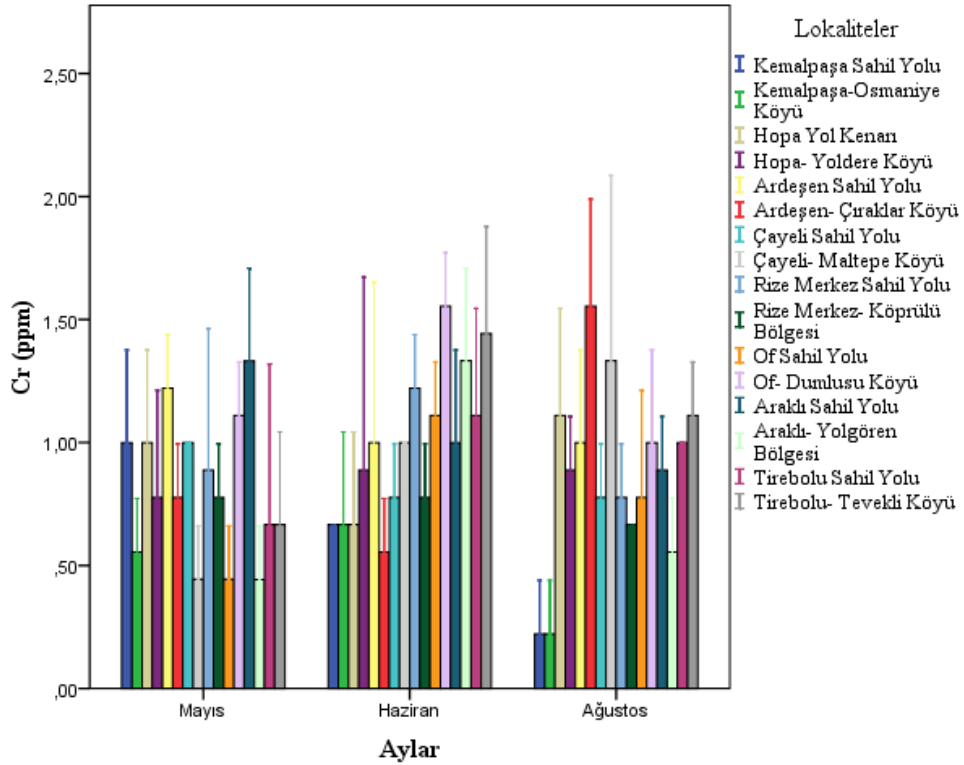
Şekil 38. Aylara göre çay yapraklarındaki Co (ppm) değerleri



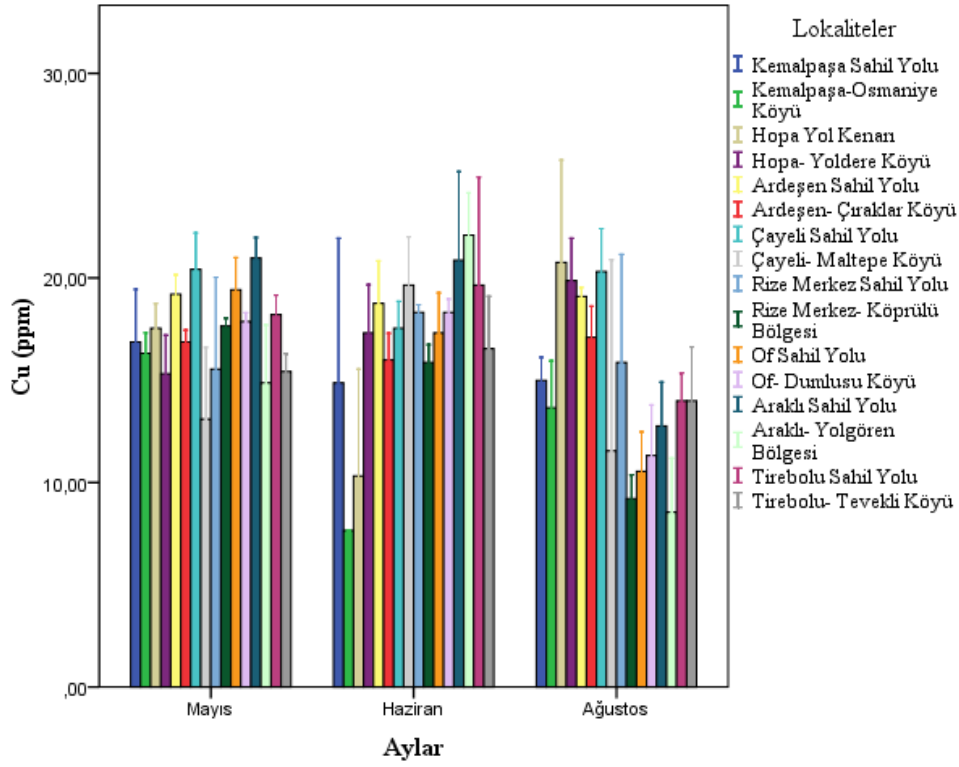
Şekil 39. Aylara göre çay yapraklarındaki Pb (ppm) değerleri



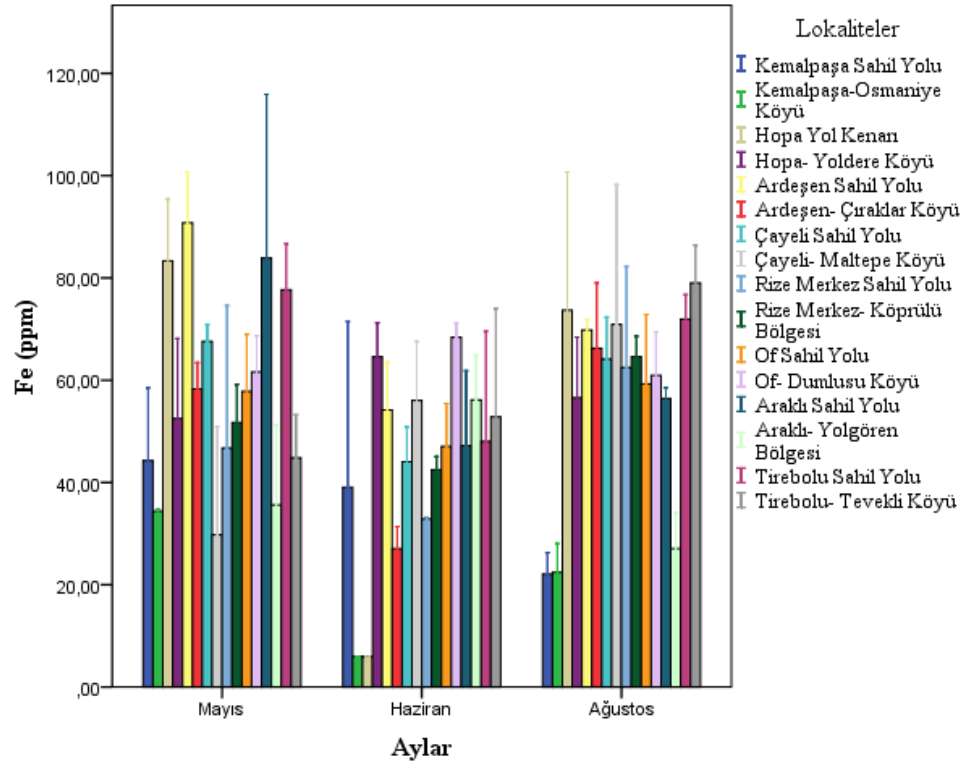
Şekil 40. Aylara göre çay yapraklarındaki Ni (ppm) değerleri



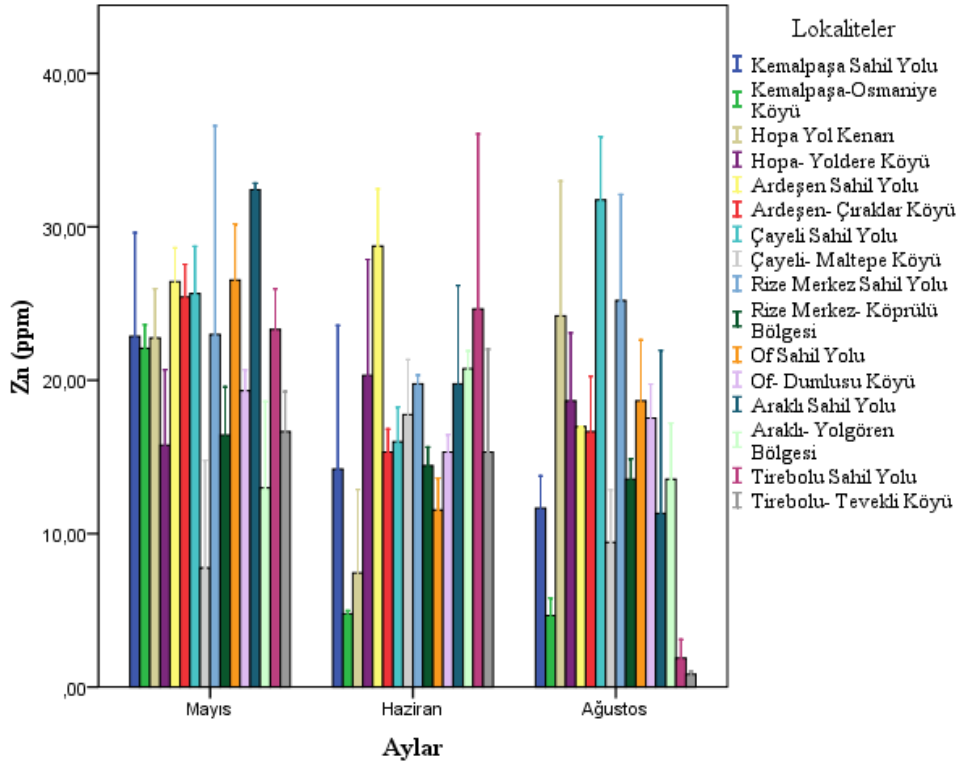
Şekil 41. Aylara göre çay yapraklarındaki Cr (ppm) değerleri



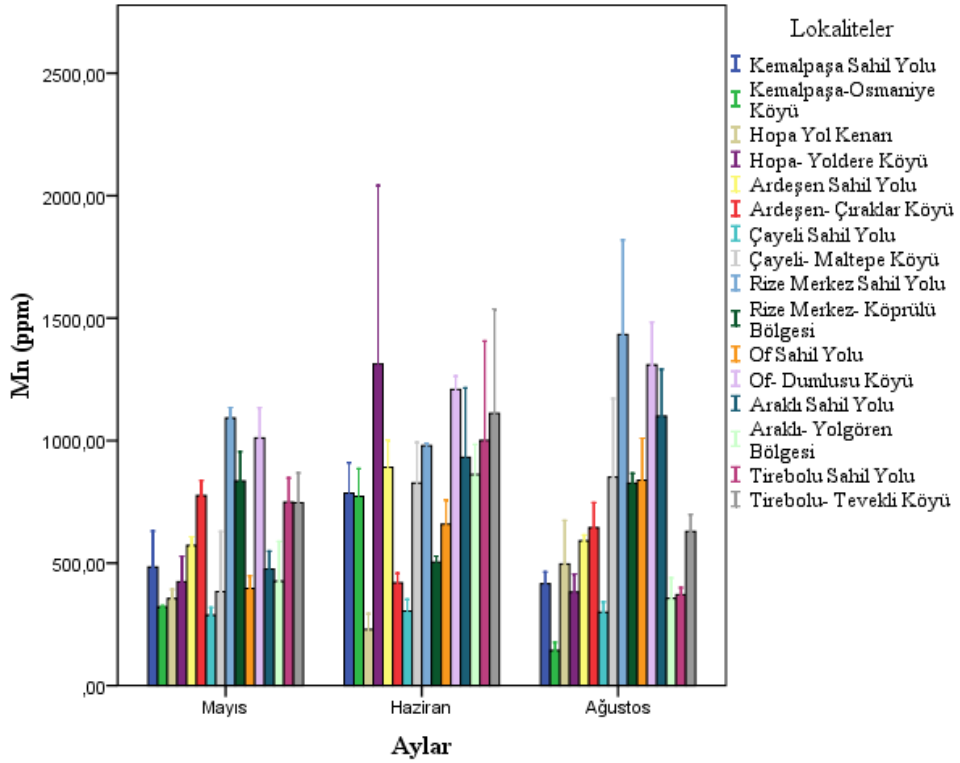
Şekil 42. Aylara göre çay yapraklarındaki Cu (ppm) değerleri



Şekil 43. Aylara göre çay yapraklarındaki Fe (ppm) değerleri



Şekil 44. Aylara göre çay yapraklarındaki Zn (ppm) değerleri



Şekil 45. Aylara göre çay yapraklarındaki Mn (ppm) değerleri

3.2. Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

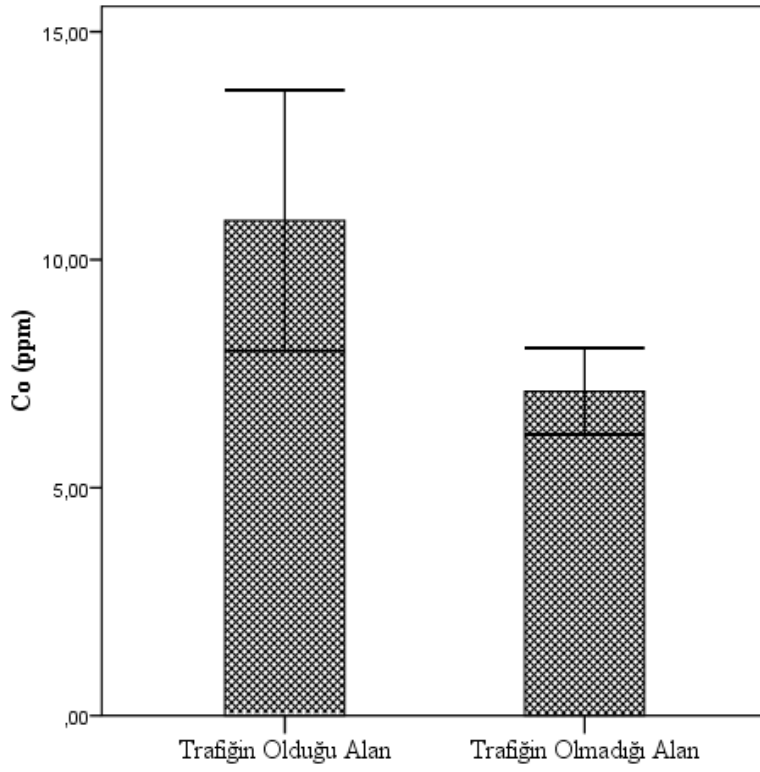
3.2.1. Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonlarının Trafığe Göre Değerlendirilmesi

Çay tarımı yapılan alanlardaki topraklarda trafiğin olduğu alanlar ile trafiğin olmadığı alanlar karşılaştırıldığında Cr elementi yönünden çok önemli ($P \leq 0,01$), Co, Pb, Ni ve Cu elementlerinde ise $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 15). Bütün elementlerde trafiğin olmadığı alanlarda element değerleri daha az bulunmuştur (Şekil 46-52).

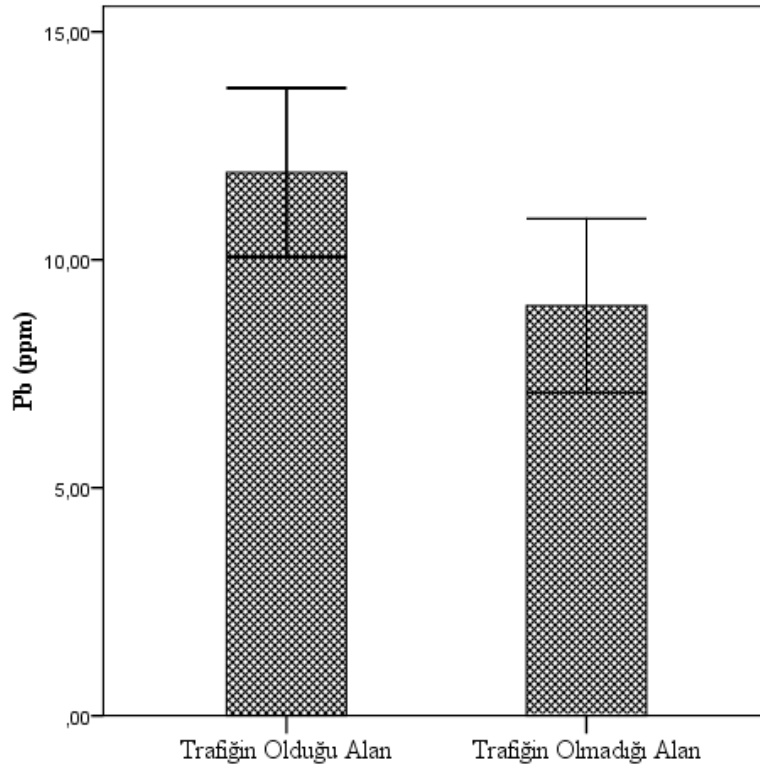
Tablo 15. Toprakların trafiğe göre One - Way Anova testi ile değerlendirilmesi.

		Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F değeri	Önemlilik
Co	Gruplar arası	168,001	1	168,001	5,927	0,019*
	Grup içi	1303,892	46	28,345		
	Toplam	1471,892	47			
Pb	Gruplar arası	102,375	1	102,375	4,635	0,037*
	Grup içi	1016,025	46	22,087		
	Toplam	1118,400	47			
Ni	Gruplar arası	270,750	1	270,750	6,635	0,013*
	Grup içi	1877,000	46	40,804		
	Toplam	2147,750	47			
Cr	Gruplar arası	940,755	1	940,755	14,003	0,001**
	Grup içi	3090,360	46	67,182		
	Toplam	4031,115	47			
Cu	Gruplar arası	6752,135	1	6752,135	5,358	0,025*
	Grup içi	57964,388	46	1260,095		
	Toplam	64716,523	47			
Zn	Gruplar arası	224,035	1	224,035	1,328	0,255
	Grup içi	7758,500	46	168,663		
	Toplam	7982,535	47			
Mn	Gruplar arası	130698,377	1	130698,377	2,123	0,152
	Grup içi	2832369,063	46	61573,240		
	Toplam	2963067,440	47			

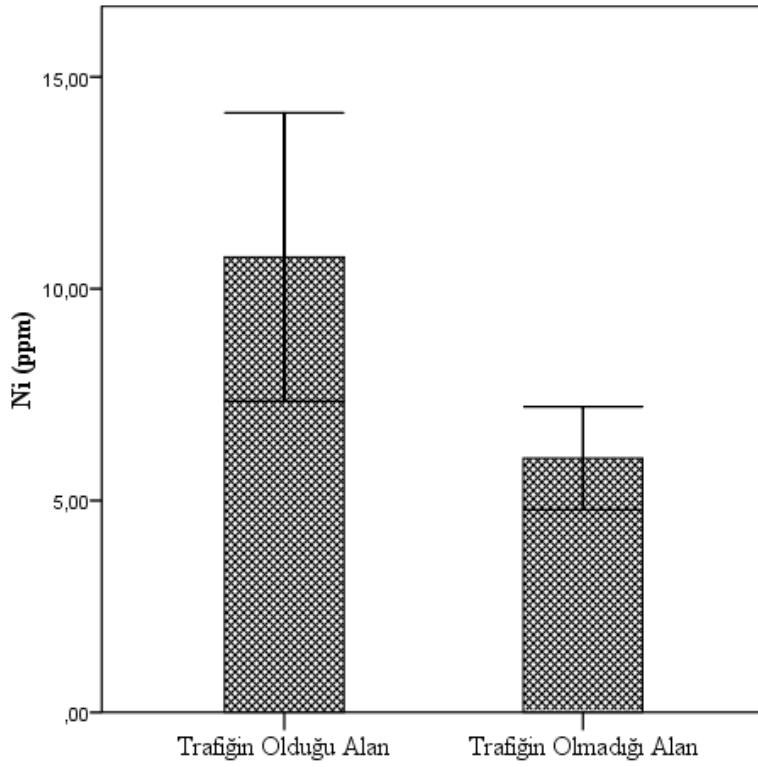
$P \leq 0,01$ **, $P \leq 0,05$ *



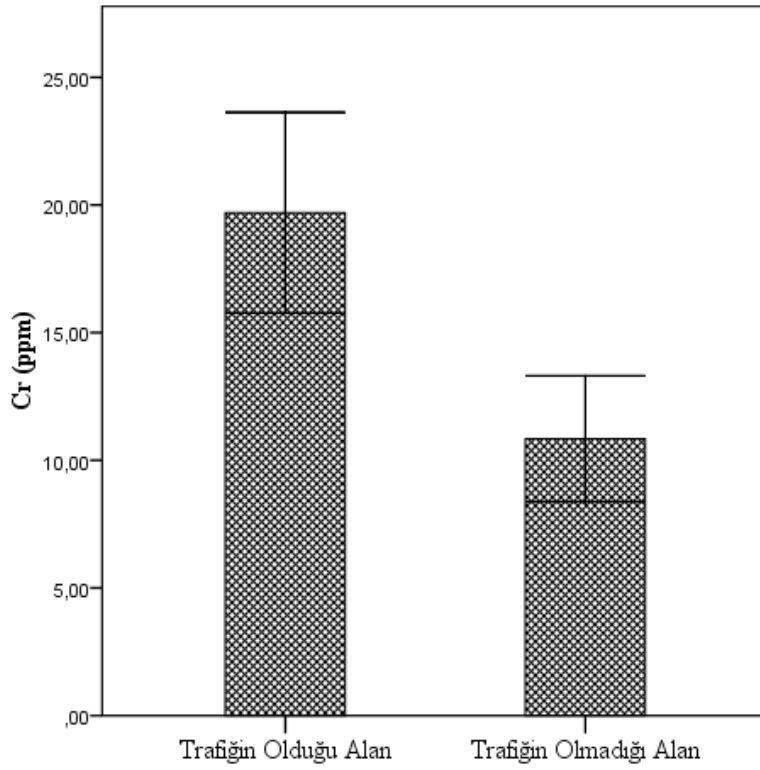
Şekil 46. Trafikçe göre topraklarda Co (ppm) değerleri.



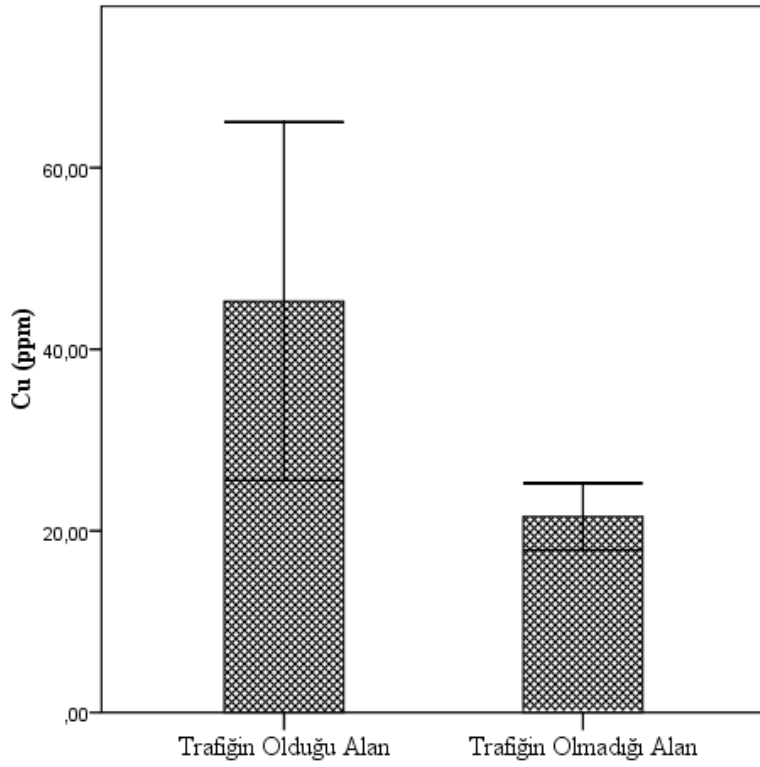
Şekil 47. Trafikçe göre topraklarda Pb (ppm) değerleri.



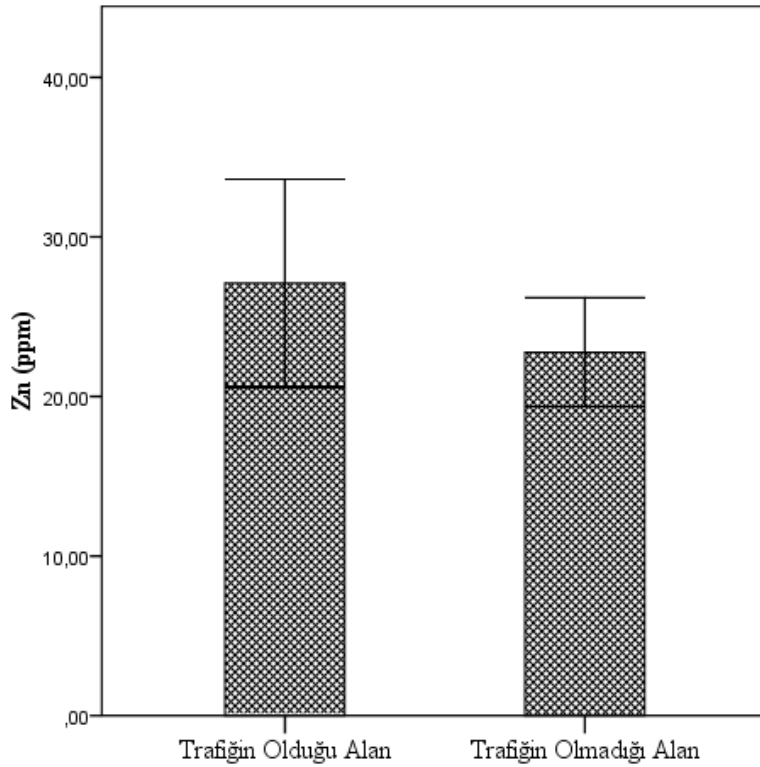
Şekil 48. Trafığe göre topraklarda Ni (ppm) değerleri.



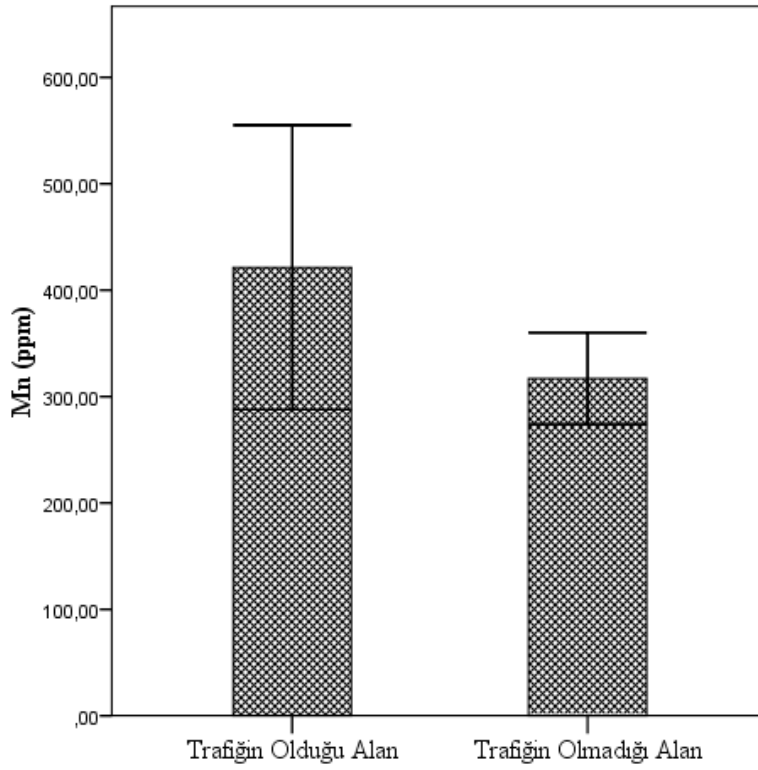
Şekil 49. Trafığe göre topraklarda Cr (ppm) değerleri.



Şekil 50. Trafikçe göre topraklarda Cu (ppm) değeri.



Şekil 51. Trafikçe göre topraklarda Zn (ppm) değeri.



Şekil 52. Trafığe göre topraklarda Mn (ppm) değerleri.

3.2.2. Toprakların Ağır Metal Konsantrasyonlarının Lokalitelere Göre Değerlendirilmesi

Toprakların lokalitelere göre ağır metal içerikleri Tablo 16’da verilmiştir. Ayrıca ağır metal içerikleri One-Way Anova testi ile değerlendirilmiş ve istatistiki sonuçları Tablo 17’de gösterilmiştir. Buna göre lokaliteler arasında bütün elementlerde çok önemli farklılıklar ($P \leq 0,01$) tespit edilmiştir. Lokalite bazında değerlendirildiğinde trafiğin olduğu alanda en fazla Co Hopa sahil yolunda, en az ise Tirebolu sahil yolu lokalitesindedir. Trafığın olmadığı alanda ise Co en fazla Tirebolu Tevekli Köyü, en az Ardeşen Çıraklar Köyü’nde tespit edilmiştir (Şekil 53). Pb trafiğin olduğu alanda en fazla Çayeli sahil yolu, en az Of sahil yolu lokalitesinde tespit edilmiştir. Trafığın olmadığı alanda ise Pb en fazla Hopa Yoldere Köyü, en az Ardeşen Çıraklar Köyü lokalitesindedir (Şekil 54). Trafığın olduğu alanda Ni elementi en fazla Hopa sahil yolu, en az ise Tirebolu sahil yolu lokalitesindedir. Trafığın olmadığı alanda Ni en fazla Of Dumlusu Köyü, en az Tirebolu Tevekli Köyü’nde tespit edilmiştir (Şekil 55). Cr, trafiğin olduğu alanlarda en fazla Hopa sahil yolu, en az Ardeşen sahil yolundadır. Trafığın olmadığı alanda ise en fazla Of Dumlusu Köyü, en az ise Ardeşen Çıraklar Köyü lokalitesindedir (Şekil 56). Cu elementi trafiğin olduğu alanda en fazla Çayeli

sahil yolu en az Tirebolu sahil yolu lokalitesindedir. Trafiğin olmadığı alanda ise en fazla Of Dumlusu Köyü en az Ardeşen Çıraklar Köyü'nde tespit edilmiştir (Şekil 57). Zn elementi trafiğin olduğu alanda en fazla Hopa sahil yolu en az ise Tirebolu sahil yolu lokalitesindedir. Trafiğin olmadığı alanda ise Zn elementi en fazla Hopa Yoldere Köyü en az Çayeli Maltepe Köyü'ndedir (Şekil 58). Trafiğin olduğu alanda Mn elementi en fazla Kemalpaşa sahil yolu en az ise Tirebolu sahil yolundadır. Trafiğin olmadığı alanda Mn en fazla Rize Merkez Köprülü Köyü en az ise Kemalpaşa Osmaniye Köyünde tespit edilmiştir (Şekil 59).

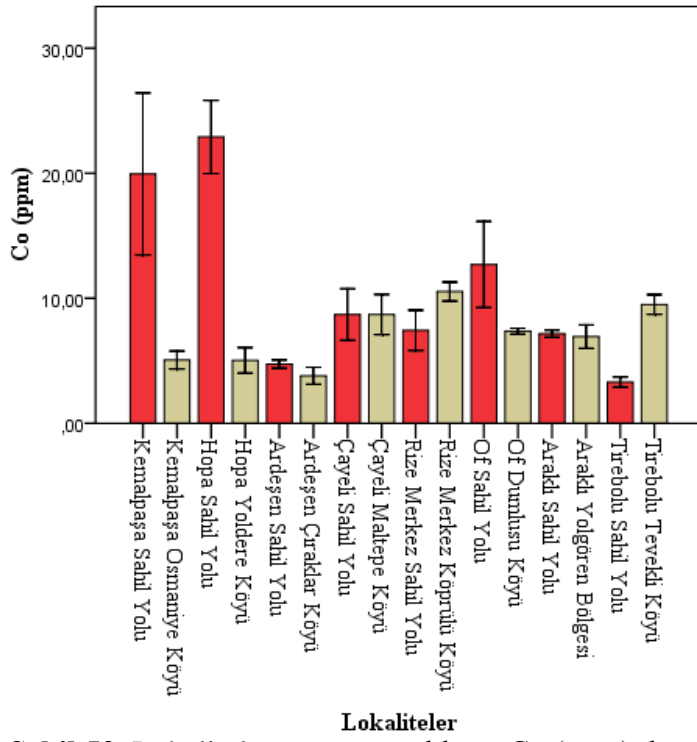
Tablo 16. Toprakların ağır metal içerikleri (ortalama±standart hata değerleri).

	Co(ppm)	Pb(ppm)	Ni(ppm)	Cr(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Mn(ppm)
Kemalpaşa Sahil Yolu	19,933±3,304	12,300±1,855	10,900±1,951	26,066±4,516	55,100±10,667	40,100±8,906	1033,700±174,654
Kemalpaşa-Osmaniye Köyü	5,066±0,366	10,133±0,484	9,666±0,731	18,833±0,881	32,300±1,607	17,300±1,274	148,766±4,475
Hopa Sahil Yolu	22,900±1,493	9,433±0,440	31,233±1,449	39,000±1,537	35,866±2,916	49,700±3,371	850,266±56,483
Hopa- Yoldere Köyü	5,033±0,520	16,633±5,500	6,466±0,742	8,033±0,857	16,333±1,587	37,800±4,531	391,766±33,728
Ardeşen Sahil Yolu	4,733±0,166	8,000±0,321	5,566±0,133	8,966±0,233	17,500±0,378	24,066±0,517	289,766±5,440
Ardeşen- Çıraklar Köyü	3,800±0,346	3,666±0,272	2,700±0,251	5,466±0,384	10,500±1,738	17,666±2,588	204,700±16,801
Çayeli Sahil Yolu	8,700±1,053	17,166±1,809	8,266±1,092	19,800±2,122	164,8667±17,009	43,133±6,100	244,666±28,599
Çayeli- Maltepe Köyü	8,700±0,818	5,066±0,993	3,566±0,35277	5,966±0,581	19,300±2,294	13,133±2,287	257,233±32,513
Rize-Merkez Sahil Yolu	7,433±0,819	10,000±0,900	8,966±1,109	21,233±2,167	18,833±2,130	13,233±2,339	184,400±16,775
Rize-Merkez Köprülü Bölgesi	10,533±0,384	8,566±0,470	7,733±0,233	13,600±0,493	17,833±0,982	19,533±1,757	461,033±23,711
Of Sahil Yolu	12,700±1,755	4,966±0,233	11,766±1,524	18,566±2,186	37,366±4,791	16,500±3,162	407,633±45,183
Of- Dumlusu Köyü	7,366±0,120	9,366±0,233	9,833±0,338	21,433±0,233	39,066±0,384	19,133±0,606	295,566±5,885
Araklı Sahil Yolu	7,166±0,145	17,033±0,705	5,633±0,033	14,500±0,404	23,600±0,776	25,033±0,517	205,266±5,259
Araklı- Yolgören Bölgesi	6,933±0,480	10,900±0,793	6,433±0,328	8,733±0,523	20,600±1,446	28,366±1,585	368,800±2,753
Tirebolu Sahil Yolu	3,300±0,208	16,400±0,251	3,666±0,366	9,466±0,693	9,200±0,115	5,033±0,866	154,966±6,907
Tirebolu- Tevekli Köyü	9,500±0,404	7,600±0,152	1,600±0,115	4,700±0,208	16,633±0,808	29,300±1,096	407,900±13,293

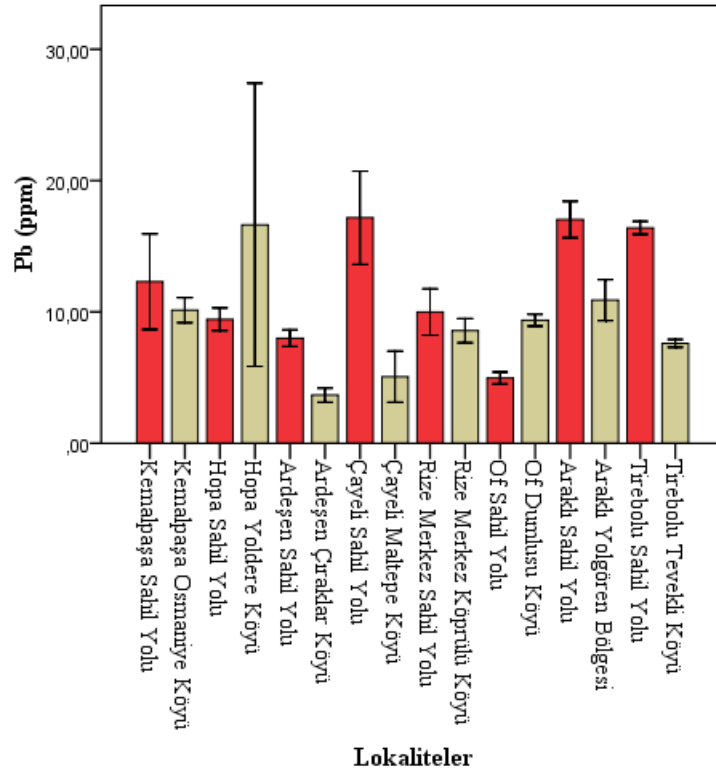
Tablo 17. Toprakların lokalitelere göre One-Way Anova testi ile değerlendirilmesi.

		Kareler	Serbestlik	Kareler	F	Önemlilik
		Toplamı	derecesi	ortalaması	değeri	
Co	Gruplar arası	1352,732	15	90,182	24,218	0,000**
	Grup içi	119,160	32	3,724		
	Toplam	1471,893	47			
Pb	Gruplar arası	872,873	15	58,192	7,584	0,000**
	Grup içi	245,527	32	7,673		
	Toplam	1118,400	47			
Ni	Gruplar arası	2073,483	15	138,232	59,561	0,000**
	Grup içi	74,267	32	2,321		
	Toplam	2147,750	47			
Cr	Gruplar arası	3790,761	15	252,717	33,646	0,000**
	Grup içi	240,353	32	7,511		
	Toplam	4031,115	47			
Cu	Gruplar arası	61973,850	15	4131,590	48,205	0,000**
	Grup içi	2742,673	32	85,709		
	Toplam	64716,523	47			
Zn	Gruplar arası	6866,868	15	457,791	13,131	0,000**
	Grup içi	1115,667	32	34,865		
	Toplam	7982,535	47			
Mn	Gruplar arası	2721755,246	15	181450,350	24,062	0,000**
	Grup içi	241312,193	32	7541,006		
	Toplam	2963067,440	47			

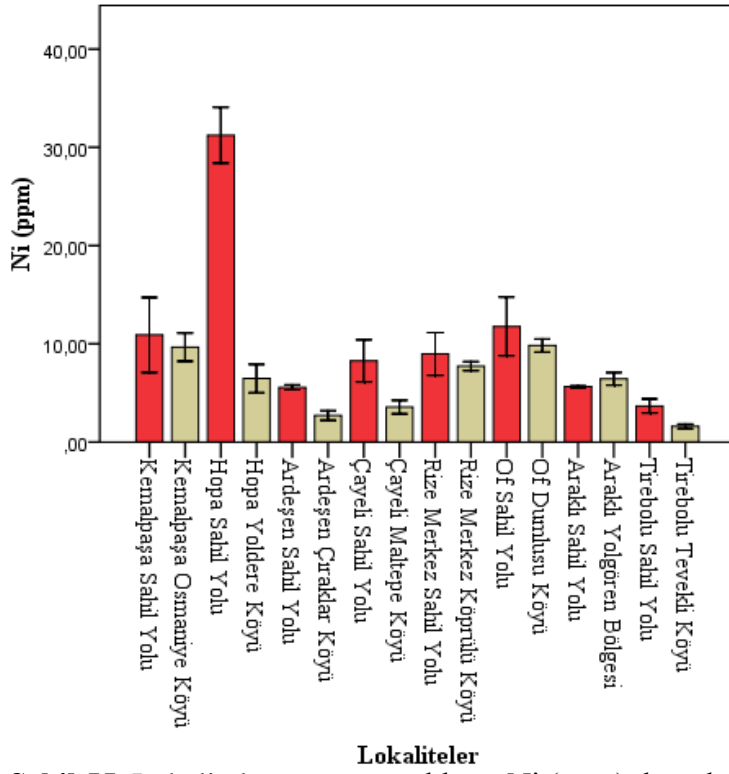
P≤0,01**, **P≤0,05***



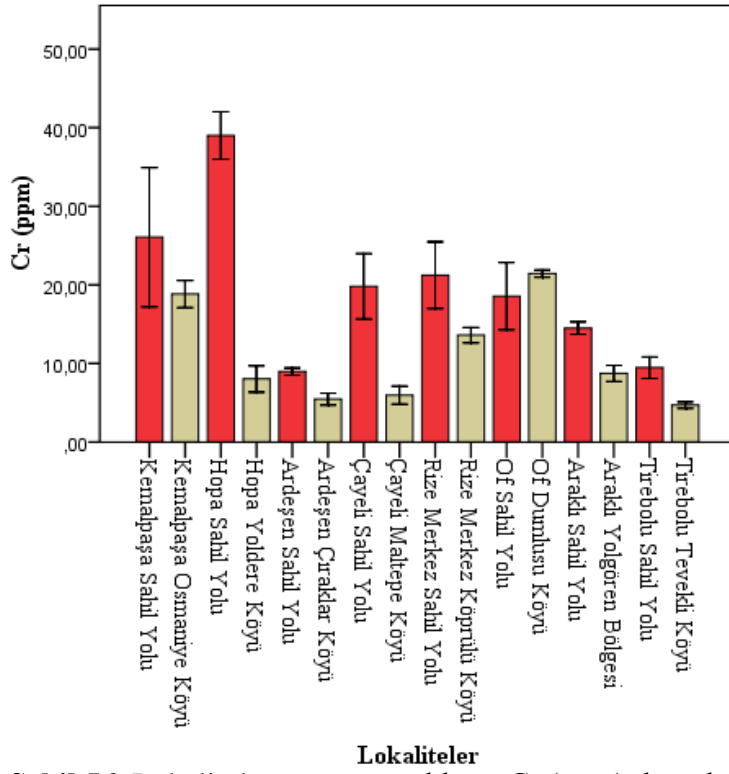
Şekil 53. Lokalitelere göre toprakların Co (ppm) değerleri.



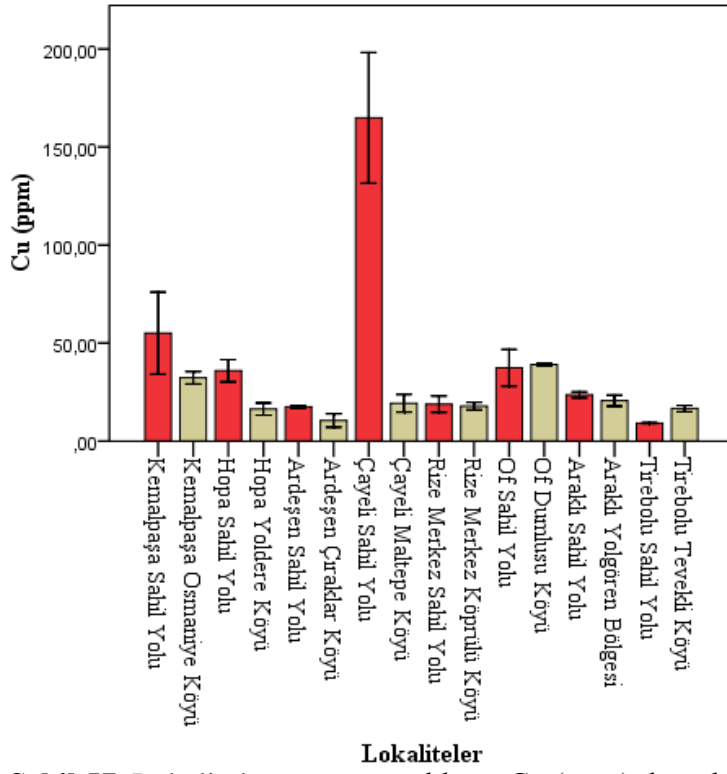
Şekil 54. Lokalitelere göre toprakların Pb (ppm) değerleri.



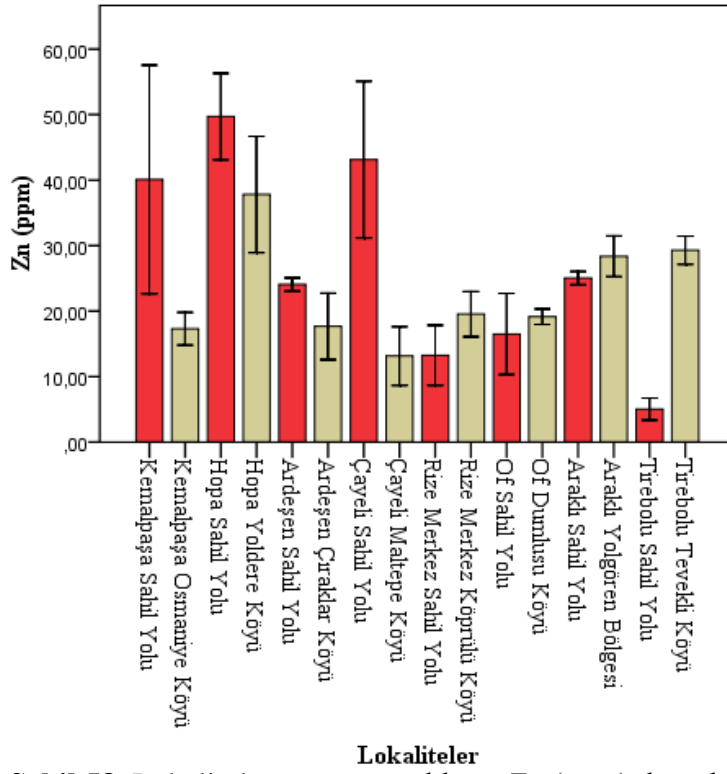
Şekil 55. Lokalitelere göre toprakların Ni (ppm) değerleri.



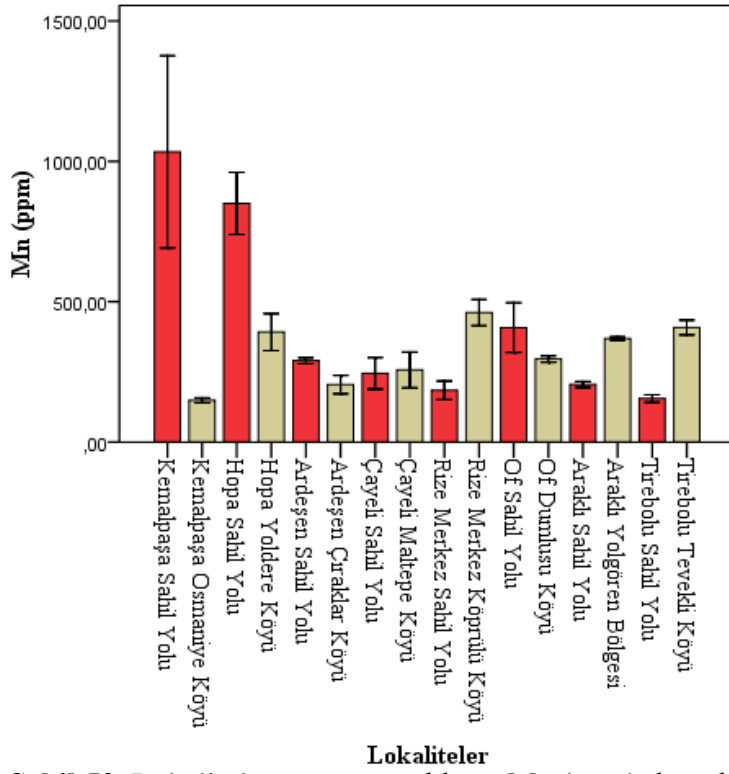
Şekil 56. Lokalitelere göre toprakların Cr (ppm) değerleri.



Şekil 57. Lokalitelere göre toprakların Cu (ppm) değerleri.



Şekil 58. Lokalitelere göre toprakların Zn (ppm) değerleri.



Şekil 59. Lokalitelere göre toprakların Mn (ppm) değerleri.

Tablo 18. Lokalitelerden alınan toprakların “Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri” ile karşılaştırılması.

Trafik	Pb(µg/g)	Ni(µg/g)	Cr(µg/g)	Cu(µg/g)	Zn(µg/g)
Trafiğin olduğu alanlar	11,912± 0,945	10,750± 1,736	19,700± 2,003	45,291± 10,073	27,100± 3,322
Trafiğin olmadığı alanlar	8,991± 0,973	6,000± 0,620	10,845± 1,258	21,570± 1,879	22,779± 1,736
Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri (Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nden Alınmıştır)					
pH 5-6 (mg/kg)	50	30	100	50	150
pH >6 (mg/kg)	300	75	100	140	300

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yaşam var oldukça insanoğlu çevresi ile sürekli bir alışveriş halindedir. Bu alışverişte insan genellikle alan taraf olurken üzerinde yaşadığı çevre genellikle verici konumundadır. Verici konumunda bulunan çevre bu etkileşimden çoğunlukla olumsuz etkilenmekte ve bu durum çevrede var olan birçok canlıyı da etkilemektedir (Bakar vd., 2009). Bu canlı gruplarından biri de bitkilendir.

Bitkiler çevresinde cereyan eden gerek doğal gerekse doğal olmayan olaylardan etkilenen bir canlı grubudur. Doğal olmayan, yani özellikle insan kaynaklı olaylardan oluşan bir etkende ağır metal kirliliğidir. Ağır metaller küresel kirlilik faktörleri olarak rol oynamakta, insan ve tüm canlı yaşamında tehlike ve risk oluşturmaktadır (Harrison ve Laxen, 1980; Marschner, 1995).

Çay dünyada sudan sonra en fazla tüketilen içecek olması nedeniyle çayın ağır metal içeriği de son derece önemlidir. Türkiye’de Doğu Karadeniz Bölgesinde tarımı yapılan çay üzerinde özellikle karayolu taşımacılığının ağır metal kirliliği yönünden olumsuz bir etkisinin olup olmadığının araştırılması amacı ile sekiz farklı ağır metal elementinin (Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Zn ve Mn) içeriği araştırılmıştır. Günümüze kadar çay üzerinde birçok araştırma yapılmıştır (Al-Oud, 2003; Ansari vd., 2007; Hosseni vd., 2013). Ancak özellikle Karadeniz sahil yolunun çay üzerinde oluşturduğu bir ağır metal baskısının olup olmadığı konusunda bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Trafiğin olduğu alanlar ile trafikten uzak bölgelerden seçilen lokaliteler arasında Ni, Cu ve Zn bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($P < 0.01$) vardır. Her üç element için de trafiğin olduğu alanlardaki ağır metal konsantrasyonları trafiğin olmadığı lokalitelerden toplanan çay numunelerinden daha fazladır. Diğer elementlerde çoğunlukla trafiğin olduğu alanlardaki ağır metal konsantrasyonları trafiğin olmadığı alanlara oranla daha fazla bulunmuştur. Ancak istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Trafiğin neden olduğu kirliliği tespit etmek için farklı bitkiler üzerinde yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Caselles (1998), El-Hasan vd., (2002), yaptıkları çalışmada trafik yoğunluğuna bağlı olarak Pb değerinin arttığını ifade etmişlerdir. Yine Aksoy ve Öztürk (1997), yaptıkları çalışmada egzoz gazlarının ağır

metal kirliliğine neden olduğunu ifade etmişlerdir. Kınalıoğlu vd. (2006)'nin yaptıkları çalışmada; likenleri araştırma materyali olarak kullanmışlar ve trafiğin yoğun olduğu alanlardan toplanan liken türlerinde yüksek konsantrasyonlarda Pb, Zn ve Fe değerleri tespit etmişlerdir ve bunun başlıca kaynağının yoğun trafikten kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. 2010 yılında Kınalıoğlu ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir başka çalışmada ise trafik yoğunluğunun fazla olduğu alanlardan almış oldukları numunelerde Cd, Pb, Zn ve Cu konsantrasyonlarını incelemişler ve *Hypogymniap hysodes* türünün trafiğe bağlı olarak daha fazla Cd biriktirdiğini tespit etmişlerdir (Balcı, 2013).

Corylus avellana, *Glechoma hederacea* ve *Urtica dioica* türleri üzerinde yapılan bir çalışmada trafiğin olduğu alanlarda ağır metal içeriklerinin daha fazla olduğu bulunmuştur (Huseyinova vd., 2009). Ayrıca, Türkan vd. (1986), Sovljanski vd. (1989) ve Stancheva vd. (2011) trafik yoğunluğuna bağlı olarak kirlilik üzerine benzer çalışmalar yürütmüşlerdir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyonu artan elementlerden bir tanesi de bakırdır. Bakır genellikle araçların metalik kısımlarının aşınması yoluyla çevreye yayılan bir elementtir (Dıvrıklı vd., 2006). Aynı zamanda araçların egzozlarından çıkan gazlar da bakır kirliliğinin en önemli nedenleri arasında sayılmaktadır (Schafer vd., 1998). Dünya Sağlık Örgütü sebze ve gıdalarda bakır miktarının değerini maksimum 20 mg/kg olarak belirlemiştir (Deveci, 2012). Kord vd. (2010), yaptıkları çalışmada otoyol kenarında bulunan *Pinus eldarica* türünün trafiğin olmadığı alanlardan daha fazla bakır biriktirdiğini ifade etmişlerdir. Li vd. (2001), yaptıkları çalışmada farklı bitkilerde bakır konsantrasyonunun 2,9-27,2 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yılmaz vd. (2006), bakır konsantrasyonunun bitkilerde 4 ppm'den az olduğu durumda gelişme geriliğine neden olduğunu ve 20 ppm'den fazla olduğu zaman ise toksik etkilerinin ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Leblebici vd., (2012) yaptıkları çalışmada *Camellia sinensis*'te bakır değerini 7,04 ppm olarak tespit etmişlerdir. Bahemuka ve Mubofu (1999), yapmış oldukları bir çalışmada ıspanak bitkisini ele almışlar ve bakır oranını ortalama 1,37 ve 0,72 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Bakirdere ve Yaman (2008) yaptıkları bir çalışmada Elazığ yol kenarında toprak ve bitkilerde kurşun, kadmiyum ve bakır değerlerini belirlemişlerdir. Bakirdere ve Yaman'a göre kurşunun ve bakırın bitkideki değeri sırasıyla 93,2 ve 36,1 ppm olarak bulunmuştur. Yine Lavado vd. (2001)

yaptıkları çalışmada mısırdaki 13,45, soyada 10,93 ve buğdayda 5,65 mg/kg bakır içeriği olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada çay yapraklarında bakırın 12,543-19,425 ppm aralığında değiştiği görülmektedir (Tablo 4). Yine trafiğin olduğu alan ile trafiğin olmadığı alanlar kendi içerisinde kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($P<0.01$) (Tablo 2). Topraktaki bakır değerleri özellikle trafiğin olduğu alanlarda trafiğin olmadığı alanlara oranla çok daha yüksektir (Şekil 50) ve istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$) (Tablo 15). Kabata-Pendias ve Piotrowska (1984), bitkilerdeki normal bakır konsantrasyonunun 2-20 ppm arasında olduğunu ancak birçok bitkide bakır konsantrasyonunun daha düşük olduğunu ve 4-12 ppm aralığında değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Kabata-Pendias and Piotrowska (1984)'nin belirlediği sınırlara göre normal değerler arasındadır. Yine Yıldız ve Şekeroğlu (2013)'nin ifade ettiği bitki kuru ağırlığındaki kritik ağır metal konsantrasyonu bakır için 20-100 ppm arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Kurşunun insan sağlığına etkileri konusunda yapılmış çok sayıda çalışma vardır. Kurşun halk sağlığını tehdit eden ve esansiyel olmayan bir elementtir. Dünya Sağlık Örgütü'nün son yıllarda önerdiği normal kan kurşun düzeyi "0"dır (Şanlı vd., 2005). Yani hiçbir şekilde vücutta birikmemesi gereken bir elementtir. Kurşun konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Caselles, 1998; El Hasan vd., 2002). Ayrıca Aksoy ve Öztürk (1997), kurşun ağır metalinin önemli ölçüde egzoz gazları ile bağlantılı olduğunu belirtmişlerdir. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre bitkilerde bulunmasına izin verilen kurşun miktarı 10 mg/kg'dır (WHO 1997). Aktarlarda satılan ve halk tarafından tüketilen 28 farklı bitkide Pb konsantrasyonunun 2,624-32,757 ppm aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Dwivedi ve Dey, 2002; Yıldız ve Şekeroğlu, 2013). *Laurus nobilis*'te yapılan bir çalışmada, kurşunun 0,717 ppm ile en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (Ergün ve Öncel, 2009). Ergün vd. (2012)'nin yaptıkları bir başka çalışmada; yılanık otunda (*Salvia virgata* L.) kurşun değerini 2,456 ppm olarak en yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Hindistanda çay üzerinde yapılan bir çalışmada çay fabrikalarının bulunduğu bölgelerden numuneler alınmış ve Pb konsantrasyonunun 0,14-1,36 ppm aralığında değiştiği ifade edilmiştir (Seenivasan vd., 2008). Çavuşoğlu vd. (2008)

tarafından Kırıkkale-Kırşehir karayolu üzerinde belirlenen sekiz istasyondan toplanan *Sinapis arvensis* türü üzerinde yapılan araştırmalarda kurşun konsantrasyonu araştırılmış ve sonuçta kurşun kirliliğinin trafik yoğunluğu ve hava sirkülasyonunun azlığı ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Yine Çavuşoğlu vd., (2006), Kırıkkale ilinde *Pinus nigra*'da trafiğe göre Pb yoğunluğunu araştırmışlar ve araştırma sonucunda %12,023 ile %58,783 arasında kurşun yoğunluğu saptamışlardır. Buna bağlı olarak da Kırıkkale ilinde taşıt yoğunluğuna bağlı kurşun kirliliği olduğunu ileri sürmüşlerdir. Yıldız ve Şekeroğlu (2013), yaptıkları revizyon çalışmasında bitkilerde kurşun konsantrasyonunun 10 ppm civarında olduğunu ifade etmişlerdir. Lavado vd. (2001), yaptıkları çalışmalarında kurşun değerinin tohum ve yapraklarda 0,74-0,87 ppm aralığında değiştiğini köklerde ise konsantrasyonun 5,38 ppm'e kadar yükseldiğini ifade etmişlerdir. Hına vd. (2012), Karaçi'nin halk pazarlarından temin ettikleri farklı tıbbi bitkilerde Pb değerlerine bakmışlar ve *Onosma bracteatum*'da 30,46 mg/g, *Glycyrrhiza glabra*'da 9,72-26,11 mg/g, *Viola odorata*'da 9,59-21,11 mg/g, *Foeniculum vulgare*'de 3,26-29,05mg/g Pb değeri tespit etmişlerdir (Yıldız ve Şekeroğlu 2013).

Yapılan bu çalışmada kurşun değerleri 6,549-9,768 ppm arasında değiştiği görülmektedir. İstatistiksel olarak trafiğe bağlı olarak önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür (Tablo 2). Trafik olmadığı alanlardan alınan çay yaprağı numunelerinde Pb konsantrasyonu trafiğin olduğu alanlara oranlara daha düşüktür. Kabata-Pendias ve Piotrowska (1984)'a göre normal sınırlar içerisindedir. Çay üzerinde yapılan diğer ağır metal çalışmalarında Pb değerlerinin farklılık gösterdiği görülmektedir. Örneğin; Hosseini vd., (2013) siyah çay üzerinde yaptıkları çalışmada Pb konsantrasyonunu ortalama 447 ppm olarak tespit etmişlerdir (min: 57, max: 852). Han vd., (2006) Çin'de 1225 örnek üzerinde yaptıkları çalışmada Pb konsantrasyonunu 0,2 mg/kg dan 97,9 mg/kg kadar değiştiğini ifade etmiştir. Yine Çin'de yapılan bir diğer çalışmada Pb değerinin 0,198-6,345 mg/kg aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Narin vd., (2004) Türk çayında maksimum Pb değerini 27,3 mg/kg olarak tespit etmiştir.

Topraktaki Pb değerleri Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine göre normal sınırlar içerisinde yer almaktadır (Tablo 18). Dolayısı ile topraktan kaynaklanan bir artıştan söz etmek mümkün görünmemektedir. Ancak trafiğin olduğu lokalitelerden alınan topraklarda Pb'nin yüksek çıkmasının nedenlerinden biride trafik yoğunluğundan

kaynaklanabilir. Okcu vd. (2009), yapmış oldukları çalışmalarında kurşunun toprağa ve atmosfere geçişinin çeşitli yollarla olduğunu ve bu yollar arasında, endüstri kuruluşlarının bacalarından ve taşıtların egzozlarından çıkan dumanlar, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol sanayine ait atıklar ile pestisitlerin sayılabileceğini ifade etmişlerdir. Yine aynı çalışmada çevre kirliliğine sebep olan kurşunun % 98'nin egzoz gazlarından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bothe (2011), Almanya'da yetişen 17 türün ağır metal içeriğinin çinko, kalay ve kadmiyum yönünden değerlendirmiş ve çinkonun 8,2-15,9 kurşunun 0,05-11,6 ve kadmiyum değerlerinin de 0,02-4,83 mg/kg aralığında değiştiğini ifade etmiştir. Yine Vural 2013 yılında yaptığı çalışmasında trafiğe bağlı parametreleri kullanmış ve topraklarda 124,36 mg/kg Pb olduğunu ifade etmiştir.

Çinko bitkiler için gerekli bir element olup yüksek konsantrasyonlarda toksik etkiler gösterebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü raporlarına göre sebze ve gıdalarda izin verilen çinko sınır değeri 20 mg/kg olarak kaydedilmiştir (Deveci, 2012). Kapusta vd., (2006) yaptıkları çalışmalarında çinko değerini 304 µg/g, Dijingova vd., (1995) 7-302 µg/g olarak bulmuşlardır. Yine yapılan bir diğer çalışmada, kobalt ve çinkonun fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerinde önemli inhibitör etkileri olduğu bulunmuştur (Zengin, 2005). Şamil vd. (2005), üzüm çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda çinko değerlerini 2,40-4,30 mg/kg aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Khan vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada bitkilerin yapraklarında çinko içeriğini *Artemisia vulgaris*'de 38,14 ppm, *Stevia. rebaudiana*'da 47,18 ppm, *Galium aparine*'de 45,00 ppm, *Mucuna pruriens*'te 32,48 ppm, *Withania somnifera*'da 43,01 ppm olarak tespit etmişlerdir (Yaldız ve Şekeroğlu, 2013). Maiga vd. (2005), yaptıkları çalışmada *Spilanthes oleracea*'da 62,8 µg/g çinko bulmuşlardır. Hına vd. (2012), Karaçi'nin değişik bölgelerinden topladıkları bitkilerden *Glycyrrhiza glabra*'da 418,64 µg/g ve *Zingibar officinalis*'te 105,53 µg/g Zn tespit etmişlerdir. Vural (2013) yapmış olduğu çalışmada *Robinia pseudoacacia*'da Zn değerini 8,58-47 ppm arasında değiştiğini (ortalama 17) ifade etmiştir.

Bu çalışmada çinko değerlerinin yapraklarda 10,508-24,457 ppm aralığında değiştiği tespit edilmiş (Tablo 4) ve lokaliteler arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Tablo 2). Trafiğin fazla olduğu Karadeniz sahil yolu kenarlarından alınan numunelerde Zn konsantrasyonunun fazla olduğu gözlemlenmiştir

(Şekil 28). Al-Oud (2003) çalışmasında Zn değerinin 26,69-56,78 mg/kg aralığında değiştiğini ifade etmiştir. Bir başka çalışmada, kirli topraklarda Zn konsantrasyonu 150-300 mg/kg olarak ölçülmüştür (Davies vd., 2002, Warne vd., 2008).

Ağır metaller arasında yer alan diğer bir elementte kromdur. Krom bitkiler için yüksek toksik etkiye sahiptir ve bitkilerin büyüme ve gelişmelerini engeller. Cr birçok yüksek yapılı bitkide 100 µ/kg değerinde toksik etki yaratmaktadır (Davies vd., 2002). Vazquez vd. (1987), kroma maruz bırakılan bitkilerde kök korteksi ve epidermal hücrelerinde plazmoliz gözlenmiş ve kök uzamasının korteks hücre gelişimi ile sınırlandığını belirtmişlerdir. Dünya Sağlık Örgütü'nün kaynağına göre bitkilerde krom miktarı 2 ppm olarak verilmiştir (WHO, 2007). Ergün vd. (2012)'nin yaptıkları bir araştırmada; krom miktarı lavanta çiçeğinde (*Lavandula stoechas* L.) 18,85±0,84 µg/g kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Lavado vd. (2001), yaptıkları çalışmada krom değerlerini 0,93-19,70 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Seenivasan vd., (2008), Hindistan'da çay üzerinde yaptıkları çalışmada Cr konsantrasyonunu 1,1 ile 21,2 ppm aralığında değiştiğini ifade etmişlerdir. Leblebici vd., (2012) yaptıkları araştırmada farklı bitkilerde ağır metal içeriklerini araştırmışlar ve *Camellia sinensis*'de 1,18-5,38 ppm değerlerini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada kromun 0,481-1,221 ppm aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Trafiğe bağlı olarak da trafiğin olmadığı alanlarda krom değerlerinin genellikle daha düşük olduğu bulunmuştur (Şekil 25) ve istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Ergün vd. (2010), yaptıkları çalışmada Hatay'da yetişen birçok bitki türünün ağır metal birikimlerini incelemişler ve çalışmalarında krom elementi değerini 0,107 ile 22,02 ppm arasında bulmuşlardır. Yapılan bir çok çalışmaya göre bizim elde ettiğimiz Cr değerleri oldukça düşüktür (Seenivasan vd., 2008; Ergün vd., 2010; Leblebici vd., 2012; Vural, 2013; Xi vd., 2013).

Bitkilerin gelişmesinde önemli etkisi olan diğer bir element de demirdir. Ancak fazla miktarda bitkide birikmesi durumunda toksik etki yaratmaktadır. Demir elementinin uluslararası sınır konsantrasyonu 10-200 ppm arasında değişmektedir (Yaman, 2006). Ansari vd. (2007), çay üzerinde yaptıkları araştırmada Fe içeriğinin 17,2-194,0 mg/kg aralığında değiştiğini ifade etmişlerdir. Bitkiler üzerinde yapılan bir

başka araştırmada Fe konsantrasyonunun 0,532-9,396 ppm aralığında değiştiği ifade edilmiştir (Kula vd., 2010). Khan vd. (2000), tarafından yapılan bir diğer araştırmada *Artemisia vulgaris* L.'te 81,39 ppm, *Asparagus adscendens* Roxb'te 85,27 ppm, *Cyamopsis tetragonoloba* L.'da 87,14 ppm, *Galium aparine* L.'de 180,91 ppm, *Mucuna pruriens* L.'te 33,91 ppm, *Stevia rebaudiana*'da 201,38 ppm ve *Withania somnifera* L.'da 206,69 ppm demir içeriği tespit etmişlerdir. Doğan 2013 yılında yaptığı araştırmada trafiğe bağlı olarak ağır metal birikiminin olup olmadığını araştırmış ve bu çalışmada Fe içeriklerinin 0,23-5,48 ppm aralığında değiştiğini ifade etmiştir. Nagajyoti (2010) yaptığı çalışmada bitkilerde Fe konsantrasyonunun 140 mg/g olduğunu bildirmiştir. Ordu'da yapılan diğer bir araştırmada kirlenen alanlarda *Corylus avellana*'da 326,1, *Alopecurus myosuroides*'de 229,9, *Helleborus orientalis*'de 188,9, *Glechoma hederacea*'da 235,8, *Galamintha nepeta*'da 221,0 ve *Urtica dioica*'da 519,9 ppm kirliliğin olmadığı alanlarda ise 110,2, 50,4, 13,5, 17,6, 30,9, 115,5 ppm olduğu tespit edilmiştir (Huseyinova vd., 2009). Bu çalışmada ise çay yapraklarında 20,942-71,595 ppm aralığında (Tablo 4) demir içeriğinin değiştiği tespit edilmiştir. Çayın demir içeriği literatür bilgileriyle kıyaslandığında normal değerler aralığında sayılabilir. Hatta birçok bitki türüne göre düşük Fe konsantrasyonuna sahip olduğu söylenebilir. Trafik olduğu alanlarda demir içeriği daha yüksektir ancak istatistiksel olarak önemlilik arz etmemektedir (Şekil 27).

Diğer ağır metal elementlerinde olduğu gibi nikelde fazla konsantrasyonlarda bitkilerde bazı toksik etkilere sahip olduğu rapor edilmiştir. Özellikle nikelin yapraklarda klorozise neden olduğu, yaprak gelişimini engellediği, kökün anatomik yapısına etki ettiği, kök meristem hücrelerinin kalınlaşmasına neden olarak bölünmeyi engellediği rapor edilmiştir (Molas ve Bran 2004; Balcı, 2013). Metallerin farklı mekanizmalarla kök, gövde ve yaprak büyümesini etkilediği, ancak bitki türüne ve gelişme şartlarına göre bu durumun değişebildiği bilinmektedir. Ansari vd., (2007) İran'da siyah çay üzerinde yaptıkları araştırmada Ni konsantrasyonunu tespit edilebilir sınırların altında olduğunu bildirmişlerdir. Başlar vd., (2005) araştırmalarında nikel konsantrasyonunu 0,88µg/g, Bowen, (1979) 1-5 µg/g ve Doğan vd., (2007) 3,56 µg/g aralığında tespit etmişlerdir. Ni birikimi bitkilerde 0,5-10 µg/g aralığında iken, *Alyssum* türleri yapraklarında 1,280-29,400 µg/g Ni²⁺'i biriktirebildiği ifade edilmiştir (Siskos vd., 2010). Seenivasan vd. (2008), Hindistan'da yetişen siyah çayda ağır metal

birikimlerinin araştırılması sonucunda nikel konsantrasyonunun 1,1 ile 5,3 ppm değerleri arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Al-Oud, (2003) da çalışmasında siyah çay yapraklarında nikelin 3,30-8,90 µg/g arasında değiştiğini bildirmiştir. Vural (2013) çalışmasında Ni konsantrasyonunun 1,09 ile 5,41 ppm arasında değiştiğini vurgulamıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar; yapraklardaki nikel değerlerinin 2,257-8,954 ppm aralığında değiştiğini göstermiştir (Tablo 4). Bir lokalite hariç diğer tüm lokalitelerde trafiğin olmadığı alanlarda nikel konsantrasyonunun daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 32). Elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında Ni konsantrasyonunun normal sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Ancak trafiğin olduğu alanlarda Ni konsantrasyonunun daha fazla olduğu dikkat çekmiştir. Topraktaki Ni değerleri de 2,70-31,23 ppm aralığında değişmektedir (Tablo 16). Yine trafiğin olduğu alanlarda trafiğin olmadığı alanlara oranla Ni değerleri oldukça yüksek bulunmuştur.

Toprak numunelerinin Pb, Cr, Cu, Ni ve Zn içerikleri “Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”ne göre normal sınırlar içerisinde yer almakta ve de oldukça düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 18). Trafığın olduğu bütün lokalitelerde ağır metal konsantrasyonları yüksek çıkmıştır ve istatistiksel olarak Co, Pb, Ni, Cr ve Cu ($P<0.05$) seviyesinde önemli bulunmuştur. Bu sonuçlar trafiğin Karadeniz sahil yolu yakınında bulunan topraklarda bir ağır metal birikimine neden olduğunu göstermektedir. Yapılan birçok çalışmada trafiğin toprak üzerinde bir kirliliğe neden olduğu bildirilmiştir (Amusan vd., 2005). Topraklarda ağır metaller içinde en şiddetli zehir etkisi olanların Cd, Pb ve Hg olduğu ifade edilmektedir (Çepel, 1997). Yapılan çalışmada Pb elementinin hem Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğindeki değerler bakımından hem de literatürde verilen değerler bakımından normal sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir.

Ele alınan diğer bir ağır metal ise mangandır. Erdoğan vd., (2005) yaptıkları çalışmada ağır metallerin sebzelerdeki birikim miktarlarını ele almışlardır. Bu çalışmada ortalama mangan miktarını patatesten 0,37 ppm, havuçta 0,18 ppm, ıspanakta 0,59 ppm bulmuşlardır. Bulunan bu değerlere göre sebzelerin içerdiği mangan

miktarının düşük miktarda olduğunu söylemişlerdir. Sağlam, (2013) çalışmasında bazı kültür bitkilerinin ve bulunduğu toprakların ağır metal konsantrasyonlarını incelemiştir. Elde ettiği verilere göre toprakta mangan değerini 285,48 mg/kg olarak bulmuştur. Bakırcıoğlu (2009) yaptığı çalışmada, buğday için ağır metal konsantrasyonlarını incelemiş ve toprakta mangan konsantrasyonunu 579,2-1216,5 mg/kg olarak tespit etmiştir. Çilali (2012), *Rosa* spp. bitkisinde yaptıkları çalışmasının sonuçlarına göre mangan değerlerinin mesafeye bağlı olarak önemli bir değişim göstermediğini ileri sürmüştür ve *Rosa* spp. yapraklarındaki konsantrasyonları karayolundan 100 m uzak mesafede 102,15 mg/kg, 200 m uzaklıkta 54,22 mg/kg olduğunu bildirmiştir. Canözer vd. (1984), çalışmalarında mangan içeriklerinin bitkilerdeki değerlerinin 40-72 mg/kg olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Bu çalışmada ise çay yapraklarındaki mangan birikimi ortalama 297,110-1176,341 ppm değerleri arasında değişmektedir (Tablo 4). Topraktaki birikim ise 148,766-1033,700 ppm arasında değişmektedir (Tablo 16). Mangan elementindeki değerler diğer çalışmalarda farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Sims ve Patrick (1978)'e göre mangandaki değişkenliğin önemli sebeplerinden biri toprakların pH- Eh değerleriyle ilgili olabilmektedir. Araştırma bölgesindeki yağış fazlalığı sebebiyle topraktaki hava azalmakta buna bağlı olarak Eh azalmakta ve mangan çözünürlüğü artmaktadır. Toprakta mangan çözünürlüğü arttıkça bitki bünyesine elementi çok daha kolay alabilmekte olduğunu bildirmişlerdir. Dünya genelinde topraklarda mangan yoğunluğu ortalaması 437 ppm'dir. Kullanılabilir mangan asidik ve sulanmış topraklarda bulunmaktadır. Bitkiden bitkiye farklılık göstermekle birlikte 500 ppm mangan çoğu bitkide toksik etki yaratmaktadır (Bakırcıoğlu, 2009).

Kobalt da bitkiler için sınır değerlerini aştığında toksik olabilen bir elementtir. Yaylalı Abanuz (2012)'un yaptığı çalışmada çay bitkisinde kobalt içeriğinin genç ve yaşlı yaprağa göre değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Genç yaprakta kobalt değeri 0,25 ppm iken yaşlı yaprakta 0,06 ppm'e düştüğünü belirtmiştir. Bunun sebebi olarak kobaltın bitkide kolay hareket edebilen bir element olduğunu ileri sürmüştür. Vural (2014), akasya sürgünlerinde ve toprakta ağır metal araştırması yapmıştır. Araştırmaya göre akasya sürgünlerinde kobalt değerleri 0,46-0,94 mg/kg değerleri arasında, toprakta ise 3-33 mg/kg arasında bulunmuştur. Sağlam (2013)'ün çalışmasında bazı kültür

bitkilerinin yetiştii toprakta ağır metal birikimine bakılırsa kobaltın 0,098 mg/kg değerinde olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada ise kobalt değerleri çay yapraklarında ortalama olarak 0,425-1,665 ppm değerleri arasında bulunmuştur (Tablo 4). Toprak örneklerinde ise bu değer 3,300-19,933 ppm'dir (Tablo 16).

Elde edilen veriler ve literatür değerlendirmesi sonucunda karayolu kenarlarında yetişen bitkilerin direkt ya da indirekt olarak bir kirliliğe maruz kaldığı aşıkardır. Bu çalışmada ele alınan çay bitkisi içinde aynı durum söz konusudur. Trafikten uzak alanlardaki ağır metal içerikleri daha düşüktür. Toprak faktörü değerlendirildiğinde toprakların da trafikten etkilendiği ve otoyol kenarlarındaki lokalitelerde ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek çıktığı görülmektedir.

5. ÖNERİLER

Yapılan çalışmada trafik, lokalite, sürgün dönemi ve yıkanma yönünden değerlendirmeler yapılmıştır. Trafiğe göre bakılacak olursa trafiğin yoğun olduğu alanlarda trafiğin olmadığı alanlara göre ağır metal değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ancak insan sağlığını tehdit edecek bir değer tespit edilmemiştir.

Yine bu çalışmada elde edilen bulgular sonucunda çay yaprakları işleme alınmadan önce yıkanmasının faydalı olacağı görülmektedir. Çay yaprakları yıkanan numunelerdeki ağır metal içeriklerinin daha düşük olduğu saptanmıştır.

Ülkemizde organik tarım günden güne artmaktadır. Çay tarımında da organik üretime belirli bölgelerde geçilmiştir. Bu bölgeler seçilirken belirli kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerden birinin de tarım yapılacak bölgenin otoyollardan ve yerleşim alanlarından uzak seçilmesi olmalıdır. Bu şekilde oluşabilecek bir ağır metal kirliliğinin çay üzerindeki etkisi minimuma inecektir.

Bu çalışmada çay bahçelerindeki yaprakların ve toprakların ağır metal kirliliği düzeyleri incelenmiştir. Bundan sonraki aşama ise aynı lokalitelerden işlenmiş çay numuneleri alınarak bu numuneler üzerinde de ağır metal çalışmaları yaparak üretimden kaynaklanan bir ağır metal kirliliğinin oluşup oluşmadığını belirlemek önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abyzov, A., Urban, E., Snyder, M. and Gerstein, M., 2011.** CNVnator: An Approach to Discover, Genotype, and Characterize Typical and Atypical CNVs from Family and Population Genome Sequencing. *Genome Research*, 21, 974–984. DOI: 10.1101/gr.114876.110.
- Ağca, A.C., 2007.** Anadolu kaynaklı *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze Bitkisi Üzerinde Farmakognozik Araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 176 s., 35.
- Akbal, A., Reşorlu, H. ve Savaş, Y., 2015.** Ağır Metallerin Kemik Doku Üzerine Toksik Etkileri. *Türk Osteoporoz Dergisi*, 21, 30-33. DOI: 10.4274/tod.31644.
- Aksoy, A., 1995.** Kayseri-Kırşehir Karayolu Kenarında Yetişen Bitkilerde Ağır Metal Kirlenmesi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Kayseri, 1-8 Eylül 1995, 385-392. DOI: 10.1016/S0048-9697(97)00195-2.
- Aksoy, A. and Ozturk M., 1997.** *Nerium oleander* L. as a Biomonitor of Lead and other Heavy Metal Pollution in Mediterranean Environments. *Science of the Total Environment*, 205, 145-150. DOI: 10.1016/S0048-9697(97)00195-2.
- Al-Oud, S.S., 2003.** Heavy Metal Contents in Tea and Herb Leaves. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6, 208-212.
- Ali H., Khan, E. and Sajad M.A., 2013.** Phytoremediation of Heavy Metals Concepts and Applications. *Chemosphere*, 91, 869-881. DOI:10.1016/j.chemosphere.2013.01.075.
- Amusan, A.A., Ige, D.V. and Olawale, R., 2005.** Characteristics of Soils and Crops Uptake of Metals In Municipal Waste Dump Sites In Nigeria. *Journal of Human Ecology*, 17, 167-171. DOI:10.1080/00103624.2013.813033.
- An, Y., 2004.** Soil Ecotoxicity Assessment Using Cadmium Sensitive Plants. *Environmental Pollution*, 127, 21-26. DOI:10.1016/S0269-7491(03)00263.
- Anaç, D., Kılıç, C.C. ve Esetlili, B.Ç., 2013.** Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme. Anadolu Üniversitesi Basımevi, Yayın no: 2302, 2. Baskı, ISBN: 978-975-06-0976-3. 232s. 80-92.
- Ansari, F., Norbaksh, R. and Daneshmandirani, K., 2007.** Determination of Heavy Metals in Iranian and Imported Black Tea. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 4, 243-248.
- Ayhan, B., Ekmekçi, Y. ve Tanyolaç, D., 2006.** Bitkilerde Ağır Metal Zararları Ve Korunma Mekanizmaları. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1-16.

- Bahemuka, T.E. and Mubofu, E.B. 1999.** Heavy Metals in Edible Green Vegetables Grown Along the Sites of the Sinza and Msimbazi Rivers in Dar es Salaam, Tanzania. *Food Chemistry*, 66, 63-66. DOI:10.1016/S0308-8146(98)00213-1.
- Bakar, C., Baba, A., Karaman, H.I.O. and Şengunalp, F., 2009.** The Neurotoxic Effect Of High Aluminum Levels In Drinking Water In Kirazli Area (Canakkale, Turkey), 12th World Congress On Public Health, İstanbul, 27 April- 1 May 2009.
- Bakırcıoğlu, D., 2009.** Toprakta Makro Ve Mikro Element Tayini. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye. 134 s., 52- 78.
- Bakirdere, S. and Yaman, M., 2008.** Determination of Lead, Cadmium and Copper in Roadside Soil and Plants in Elazığ, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 401–410. DOI:10.1007/s10661-007-9695-1.
- Balçı, Ç., 2013.** *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson (Kivi)'Da Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize Türkiye, 161s, 141.
- Başlar, S., Dogan, Y., Yenil, N., Karagoz, S., and Bag, H., 2005.** Trace Element Biomonitoring by Leaves of *Populus nigra* L. from Western Anatolia, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26, 665-668.
- Bhattacharya, S., Das, A., Prashanthi, K., Palaniswamy, M. and Angayarkanni, J., 2013.** Mycoremediation of Benzo[a] pyrene by *Pleurotus Ostreatus* In The Presence of Heavy Metals and Mediators. *3 Biotech*, 4, 148. DOI: 10.1007/s13205-013-0148.
- Bothe, H., 2011.** Plants in Heavy Metal Soils. *Springer*, 30, 35–57. DOI: 10.1007/978-3-642-21408-0.
- Bingöl, Ü., Geven, F. and Güney, K., 2008.** Heavy Metal (Pb and Ni) Accumulation in the Branch and Bark Tissues of Street Tree *Sophora japonica* L. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 8, 93–96.
- Bingöl, M. Ü., Geven, F., Güney, K., Ketenoğlu, O. ve Erdoğan N., 2010.** Egzoz Gazlarının Bitkilere Etkileri ve Koruma Önerileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 32, 63-67.
- Bryan, W. and Lagstone, W.J., 1989.** A Guide to the Assesment of Heavy Metal Contamination in Estuaries Using Biological Indicators. *Occasional Publication*, 6, 4-10.
- Bowen, H.J.M., 1979.** *Environmental Chemistry of the Elements*. Academic Press, 333s, 120-155.
- Cairns, J. R., 1999.** Are Single Species Toxicity Test Alone Adequate for Estimating Environmental Hazard. *Environmental Monitoring and Assesment*. Reidel Publishing Company, 4,259-273.

- Canözer, Ö., H. Fırıncı, M., Çakır, N. Özilbey, G. Püskülcü, N. Kılınç, Ü. ve Dikmelik, A.A., 1984.** Ege Bölgesi Önemli Kiraz Çeşitlerinin Bitki Besin Element Durumları ve Toprak Bitki İlişkileri. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir 74s., 20-32.
- Carr, M.K.V. and Stephens, W. 1992.** Climate, Weather and the Yield of Tea. Chapman and Hall. 1. Baskı, ISBN: 0-412-33850-5,769,87-135.
- Caselles, J., 1998.** Levels of Lead and other Metals in Citrus Along Side a Motor Road. Water, Air and Soil Pollution 105, 593-602.
- Chaiyarat, R., Suebsima, R., Putwattana, N., Kruatrachue, M. and Pokethitiyook, P., 2011.** Effects of Soil Amendments on Growth and Metal Uptake by *Ocimum gratissimum* Grown in Cd/ Zn- Contaminated Soil. Water Air Soil Pollution, 214, 383-392. DOI: 10.1007/s11270-010-0430-0.
- Chandra, P. and Kulshreshtha, K., 2004.** Chromium Accumulation and Toxicity İnaquatic Vascular Plants. The Botanical Review, 70, 313-327. DOI: 10.1663/0006-8101(2004)070[0313:CAATIA]2.0.CO;2.
- Chojnacka, K., Chojnacki, A., Gorecka, H. and Gorecki, H., 2005.** Bioavailability of Heavy Metals from Polluted Soils to Plants. Science of the Total Environment, 337, 175-182. DOI:10.1016/j.scitotenv.2004.06.009.
- Çavuşoğlu, K., Çakır, Ş. and Kırındı, T., 2006.** Investigation Of Lead (Pb) Pollution in *P. Nigra* (J.F. Arnold) Subsp. *Nigra* Var. *Caramunica* (Loudon) Rehder Collected Road Sides in Some Regions of Kırıkkale City. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11, 11-26.
- Çavuşoğlu, K., Budak, A. ve Arıca, Ş., 2008.** Kırıkkale-Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 20, 223-231.
- Çepel, N., 1997.** Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14, ISBN: 975716903X, 9789757169031, 111s.,40-44.
- Çınar, Ö., 2008.** Çevre Kirliliği ve Kontrolü. Nobel yayınları, yayın no: 667, 1. Baskı, ISBN: 978-605-133-568-1, 201s, 58-90.
- Çilali, E., 2012.** Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (*Rosa* Spp) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye, 44s, 18-22.
- Daş, B., Arik, F., Ozturk, A. ve Altay, O., 2012.** Krom Madenciliği Ve Geçmişten Günümüze İnsanlık Tarihi Üzerindeki Etkileri. Journal of Life Sciences, 2, 77-88.

- Davies, F.T., Puryear, J.D., Newton, R.J., Egilla, J.N. and Grossi, J.A.S., 2002.** Mycorrhizal Fungi Increase Chromium Uptake By Sunflower Plants: Influence on Tissue Mineral Concentration, Growth, and Gas Exchange. *Journal of Plant Nutrition*, 25,2389–2407.
- Davis, P.H., 1965.** Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh: Edinburgh University Press, 10. Baskı, ISBN 0852245599, 590s.
- De Jonghe, W.R.A. and Adams, F.C., 1986.** Biogeochemical Cycling of Organic Lead Compounds. *Environment Science Technology*, 17,561–594.
- Demirezen, D. and Aksoy, A., 2004.** Accumulation of Heavy Metals in *Typha angustifolia* L. and *Potamogeton pectinatus* L. living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey), *Chemosphere*, 56, 685-696. DOI:10.1016/j.ecolind.2005.04.004.
- Demirezen, D. and Aksoy, A., 2005.** Common Hydrophytes as Bioindicators of Iron and Manganese Pollutions. *Ecological Indicators*, 6, 388-393.
- Denkhaus, E. and Salnikow, K., 2002.** Nickel Essentiality, Toxicity, And Carcinogenicity. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 42, 35-56. DOI:10.1016/S1040-8428(01)00214-1.
- Deveci, T., 2012.** Gaziantep’te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS ile Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, Türkiye. 61s.
- Dıvrıklı, G., Mendil, D., Tüzen, M., Soylak, M., ve Elçi, L., 2006.** Trace Metal Pollution from Traffic in Denizli-Turkey During Dry Season. *Biomedical and Environmental Sciences*, 19, 254-261.
- Dijingova, R., Wagner, G., and Peshev, D., 1995.** Heavy Metal Distribution in Bulgaria using *Populus nigra italica* as a Biomonitor. *Science of The Total Environment*, 172, 151-158. DOI:10.1016/0048-9697(95)04785-9.
- Doğan, Y., Durkan, N., and S. Baslar, 2007.** Trace Element Pollution Biomonitoring Using the Bark of *Pinus brutia* in the Western Anatolian Part of Turkey. *Trace Elements and Electrolytes*, 24, 146-150.
- Doğan, M. ve Saygıdeğer, S., 2009.** Kadmiyumun *Ceratophyllum demersum* L. Üzerindeki Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Etkileri. *Ekoloji*, 18, 57-64. DOI: 10.5053/ekoloji.2009.716.
- Doğan, M., 2013.** Determining the Heavy Metal Concentrations in Plants Exposed to Exhaust Gases Alongside the Sanliurfa Highway. *Ekoloji*, 22, 40-48. DOI: 10.5053/ekoloji.2013.895.

- Dwivedi, S.K. and Dey, S., 2002.** Medicinal Herbs: a Potential Source Of Toxic Metal Exposure For Man And Animals In India. Archives Environmental Health, 57, 229-31. DOI:10.1080/00039890209602941.
- Ebbs, S.D. and Kochian, L.V., 1997.** Toxicity of Zinc and Copper to Brassica Species: Implications for Phytoremediation. Journal of Environmental Quality, 26, 776-781. DOI:10.2134/jeq1997.00472425002600030026x.
- Eden, T., 1976.** Tea. Tropical Agriculture Series. Longman Group Limited, 3. Baskı, ISBN: 1-469444-1, 179s.
- Ekmekçi, F., 2007.** Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Sahasından Alınan Çöp Sızıntı Sularının Laboratuvar Ölçekli Ortamda Bitkisel Yolla Azot- Fosfor Ve Ağır Metal Gideriminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 162s., 72-76.
- El-Hasan, T., Al-Omari, H., Jiries, A. and Al-Nasir, F., 2002.** Cypress Tree (*Cupressus sempervensis* L.) Bark as an Indicator for Heavy Metal Pollution in the Atmosphere of Amman City, Jordan. Environmental International, 28, 513-519.
- Erdoğan, Ö., Tosyalı, C. ve Erbilir, F., 2005.** Kahramanmaraş' ta Yetişen Bazı Sebzelerde Demir, Bakır, Mangan, Kadmiyum ve Nikel Düzeyleri. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8, 27-29.
- Ergin, F.T., 2005.** Demir Eksikliği Anemisinin Tiroid Hormonları Üzerine Etkisi.Uzmanlık Tezi. T.C. Sağlık Bakanlığı Dr. Lütfi Kırdar Kartal Eğitim Ve Araştırma Hastanesi II. Çocuk Sağlığı Ve Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye, 63s., 27.
- Ergün, N. ve Öncel, I., 2009.** Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) İlk Gelişme Döneminde Kök ve Gövde Büyümesi Üzerine Bazı Ağır Metal ve Ağır Metal-Hormon Uygulamalarının Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 19, 11-17.
- Ergün, N., Yolcu, H., Karanlık, S. ve Dikkaya, E., 2010.** Amanoslar'da (Hatay) Yetişen Bazı Bitki Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Mineral İçerik Üzerine Bir Çalışma. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 3, 121-127.
- Ergün, N., Yolcu, H. ve Özçubukçu, S., 2012.** Amanos Dağlarındaki Bazı Tıbbi Bitki Türlerinde Ağır Metal Birikimi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 5, 21-23.
- Fisunoğlu, M., Besler, H.T., 2008.** Çay ve Sağlık İlişkisi. Klasmat Yayınları, yayın no: 727, 1. Baskı, ISBN: 978-975-590-243-2, 22s, 7-15.
- Gichner, T., Znidar, I. and Szakova, J., 2008.** Evaluation of DNA Damage and Mutagenicity Induced by Lead in Tobacco Plants. Mutation Research, 652, 186–190. DOI: 10.1016/j.mrgentox.2008.02.009.

- Glass, D.J., Raskin, I. and Ensley, B.D., 2000.** Economic Potential of Phytoremediation, Phytoremediation of toxicmetals; Using plants to clean up the environment. 1. Baskı. ISBN: 978-0-471-19254-1, 304s., 15-33.
- Goyer, R.A., 1991.** Toxic Effects of Metals. In: Caserett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons Pergamon Press, 10. Baskı, ISBN: 0071769234 Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C. D. (B. Ed.), 1032s., 550-576.
- Guerra, F., Trevizam, A.R., Muraoka, T., Marcante N.C. and Brazaca, S.G., 2012.** Heavy Metals in Vegetables and Potential Risk for Human Health. Scientia Agricola, 69, 54-60.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997.** Kimyasallar ve Çevre. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, yayın no: 50, 1. Baskı, ISBN 975 - 8088 -12-6, 59 s. 40-48.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. ve Çobanoğlu, D., 2004.** Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2}) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. Fırat Üniversitesi Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi, 16, 177-182.
- Han, W.Y., Liang, Y.R., Yang, Y.J., Ma, L.F. and Ruan, J.Y., 2006.** Effect of Processing on the Pb and Cu Pollution of Tea in Chinese. Journal of Tea Science, 26, 95-101.
- Harrison R.M. and Laxen D.P.H., 1980.** Lead Pollution Causes and Control. Chapman and Hall Ltd London., 1.edt., ISBN: 978-94-009-5832-6, 168 p.,
- Hawkes, J.S., 1997.** Heavy metals. Journal of Chemical Education, 74, 1369-1374.
- Hina, B., Rizwani, G. H., Shareef, H., and Ahmed, M., 2012.** Atomic Absorption Spectroscopic Analysis of Some Pakistani Herbal Medicinal Products Used in Respiratory Tract Infections. Pakistan Journal of Pharmaceutical Science, 25, 247-253 247
- Hodges, S.C., 2006.** Soil Fertility Basics. Soil Science, 1, 1-10.
- Hossen, S.M., Shakerian A. and Moghimi, A., 2013.** Cadmium and Lead Content in Several Brands of Black Tea (*Camellia sinensis*) in Iran. Journal of Food Biosciences and Technology, 3, 67-72.
- Huseyinova, R., Kutbay, H.G., Bilgin, A., Kılıç, D., Horuz, A. and Kirmanoglu K., 2009.** Sulphur and Some Heavy Metal, Contents in Foliage of *Corylus avellana* and Some Roadside Native Plants in Ordu Province, Turkey. Ekoloji, 18, 10-16. DOI: 10.5053/ekoloji.2009.702
- İlhan, P., 2007.** Çay Tohumu Yağının Biyodizel Üretiminde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye. 70s., 27.

- İlkılıç, C. ve Behçet, R., 2006.** Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 5, 66–72.
- Jackson, P.J., Unkefer, P.J., Delhaize, E. and Robinson, N.J., 1990.** Mechanisms of Trace Metal Tolerance in Plants. Academic Press, 1. Baskı, ISBN: 978-0-12-401350-6, 290s., 231-258.
- Jain, R., Srivastava, S. and Madan, V.K., 2000.** Influence of Chromium on Growth and Cell Division of Sugarcane. Indian Journal of Plant Physiology, 5, 228-231.
- Jiang, W., Liu, D. and Hou, W., 2001.** Hyperaccumulation of Cadmium by Roots, Bulbs and Shoots of Garlic. Bioresource Technology, 76, 9-13. DOI:10.1016/S0960-8524(00)00086-9.
- Kabata-Pendias, A., Piotrowska, M., 1984.** Zanieczyszczenie Glebi Roslin Uprawnych Pierwiastkami Sładowymi. CBR opracowanie problemowe, Warszawa, Poland.
- Kaçar, B., 1982.** Gübreler ve Gübreleme Tekniği. T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları, yayın no:11, 1. Baskı, ISBN: 978-605-542-620-0, 341s. 33-35.
- Kaçar, B., 1984.** Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, yayın no:900, 356s., 89-105.
- Kaçar, B., 1987.** Çayın Biyokimyası ve İşleme Teknolojisi. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çay-Kur Yayınları No:6, 71s., 25.
- Kaçar, B. ve Katkat, V., 2006.** Bitki Besleme. Nobel Yayınları, yayın no:849. ISBN: 978-605-320-121-2 645s., 621-628.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2006.** Metallerin Çevresel Etkileri-I. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Odası, Metalurji Dergisi, 136, 4-10.
- Kanışkan, N., Açıkkalp, E., Caner, N. ve Güven, A., 1996.** Temel Kimya, Anadolu Üniversitesi Yayınları, yayın no: 672, 550 s, 234-250.
- Kapusta, P., Szarek-Lukaszewska, G. and Godzik, B., 2006.** Spatio-Temporal Variation of Element Accumulation by Moehringia Trinervia in a Polluted Forest Ecosystem (South Poland). Environment Pollution, 143, 285-293.
- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S., 2004.** Metallerin Çevresel Etkileri-II. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Odası, Metalurji Dergisi, 136, 5-8.
- Katiyar, S.K. and Mukhtar, H., 1997.** Tea Antioxidants in Cancer Chemoprevention. Journal of Cellular Biochemistry, 67: 59-67. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4644(1997)27+<59::AID-JCB11>3.0.CO;2-G

- Kennedy, C. D. and Gonsalves, F. A. N., 1987.** The Action of Divalent Zinc, Cadmium, Mercury, Copper and Lead on the Trans-Root Potential and Efflux of Excised Roots. *Journal of Experimental Botany*, 38, 800-817. DOI: 10.1093/jxb/38.5.800.
- Khan, A.G., Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S. and Hayes, W.J., 2000.** Role of Plants, Mycorrhizae and Phytochelators in Heavy Metal Contaminated Land Remediation. *Chemosphere*, 41, 197-207. DOI:10.1016/S0045-6535(99)00412-9.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z. and Zhu, Y.G., 2008.** Health Risks of Heavy Metals in Contaminated Soils and Food Crops Irrigated with Wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152, 686-692. DOI: 10.1016/j.envpol.2007.06.056.
- Kınalıoğlu, K., Horuz, A., Kutbay, H.G., Bilgin, A. and Yalçın, E., 2006.** Accumulation of Some Heavy Metals in Lichens in Giresun City, Turkey. *Ekologia Bratislava*, 25, 306-313.
- Kınalıoğlu, K., Özbucak, T., Kutbay, H.G., Huseyinova, R., Bilgin, A. and Demirayak, A., 2010.** Biomonitoring of Trace Elements with Lichens in Samsun City, Turkey. *Ekoloji*, 19, 64-70. DOI: 10.5053/ekoloji.2010.759.
- Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş. ve Ellialtıoğlu, Ş., 2014.** Ağır Metal İçeriği Yüksek Sularla Sulanan Patlıcan Bitkilerine Uygulanan Humik Asidin Bazı Morfolojik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2, 280-288.
- King, K.E., Peiffer, G.A., Reddy, M., Lauter, N., Lin, S.F., Cianzio, S. and Shoemaker, R.C., 2013.** Mapping of Iron and Zinc Quantitative Trait Loci in Soybean for Association to Iron Deficiency Chlorosis Resistance. *Journal of Plant Nutrition*, 36, 2132–2153, DOI: 10.1080/01904167.2013.766804.
- Kord, B., Mataji, A. and Babaie, S., 2010.** Pine (*Pinus Eldarica Medw.*) Needles as Indicator for Heavy Metals Pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7, 79-84.
- Kula, I., Yildiz, D., Dogan, Y., Ay, G., and Baslar, S., 2010.** Trace Element Contents in Plants Growing at Akdag- Denizli, Turkey. *Biotechnological Equipment*, 24, 1587-1591. DOI:10.2478/V10133-010-0010-X.
- Lagrega, D., 2004.** Hazardous Waste Management. International Edition, 1. Baskı, ISBN: 1577666933, 1146s, 288-360.
- Lasat, M.M., Pence, N.S., Garvin, D.F., Ebbs, S.D. and Kochian, L.V., 2000.** Molecular Physiology of Zinc Transport in the Zn Hyperaccumulator *Thlaspi Caerulescens*. *Journal of Experimental Botany*, 51, 71-79. DOI: 10.1093/jexbot/51.342.71.

- Lavado, L.S., Porcelli, C.A. and Alvarez, R., 2001.** Nutrient and Heavy Metal Concentration and Distribution in Corn, Soybean and Wheat as Affected by Different Tillage Systems in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*, 62, 55-60. DOI:10.1016/S0167-1987(01)00216-1.
- Leblebici, S., Bahtiyar, S.D. ve Özyurt, M.S., 2012.** Kütahya Aktarlarında Satılan Bazı Tıbbi Bitkilerin Ağır Metal Miktarlarının İncelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29, 1-6.
- Li, X., Poon, C. and Liu, P.S., 2001.** Heavy Metal Contamination of Urban Soils and Street Dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, 16, 1361-1368.
- Liu, J., Zeng, D., Lee, D.K., Fan, Z. and Zhong, L., 2008.** Leaf Traits and Their Interrelationship of 23 Plant Species in Southeast of Keerqin Sandy Lands, China. *Frontiers of Biology in China*, 3, 332-337. DOI: 10.1007/s11515-008-0050-x.
- Mahmutoğlu, H., 1994.** Rize İlinin Bazı Ekolojik Koşullarında, Seleksiyonla Bulunan Altı Çay (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) Klonunun (F-3, M-10, D-7, T-10, G-3 VE P-20) Gelişiminin Araştırılması. Doktora Tezi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye. 95s., 14.
- Maiga, A., Diallo, D., Bye, R. and Paulsen, B.S., 2005.** Determination of Some Toxic and Essential Metal Ions in Medicinal and Edible Plants From Mali. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2316–2321. DOI: 10.1021/jf040436o.
- Marschner, H., 1995.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 13. Baskı, ISBN: 9780124735439, 863s., 470-484.
- McCally, M., 2002.** Life Support: The Environment and Human Health. MIT Press 13. Baskı, ISBN: 978-0262632577, 260 s., 65-83.
- Merlini, M., 1980.** Some Considerations on Heavy Metals in the Marine Hydrosphere and Biosphere. *Thalassia Jugoslavica*, 16, 367-376.
- Molas, J. and Bran, S., 2004.** Relationship Between the Chemical form of Nickel Applied to the Soil and Its Uptake and Toxicity to Barley Plants (*Hordeum vulgare* L.). *Geoderma*, 122, 247-255. DOI:10.1016/j.geoderma.2004.01.011.
- Mou, D., Yao, Y., Yang, Y., Zhang, Y., Tian, C. and Achal, V., 2011.** Plant High Tolerance to Excess Manganese Related with Root Growth, Manganese Distribution and Antioxidative Enzyme Activity in Three Grape Cultivars. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 776–786. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.10.040.
- Mull, R. and Nordmeyer, H., 1994.** Improvement of Ground Water Quality-Cost Effectiveness Considerations. *Springer*, 94, 122-129.

- Munzuroğlu, Ö. ve Gür N., 2000.** Ağır Metallerin Elma (*Malus slyvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. Turk Journal of Biology, 24, 677-684.
- Müezzinoğlu, A., 1987.** Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 0908.87, 1. Baskı, ISBN: 9756981369, 292s. 74-79.
- Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. and Sreekanth, T.V.M., 2010.** Heavy Metals, Occurrence and Toxicity for Plants: a Review. Environmental Chemistry Letters, 8, 199-216. DOI: 10.1007/s10311-010-0297-8.
- Naithani, V. and Kakkar, P., 2005.** Evaluation of Heavy Metals in Indian Herbal Teas. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 75, 197–203, DOI: 10.1007/s00128-005-0738-4.
- Narin, I., Colak, H., Tarkoglu, O. and Dogan, M., 2004.** Heavy Metals in Black Tea Samples Produced in Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 72, 844-849. DOI: 10.1007/s00128-004-0321-4.
- Nikola, R.D., Hall, N., Bollag, T., Thermogiannis, G. and Walker, G.M., 2009.** Zinc Accumulation and Utilization by Wine Yeasts. International Journal of Wine Research, 1, 85-94. DOI: 10.2147/IJWR.S4570.
- Nuhoğlu, Y., Malkoç, E., Gürses, A. and Canpolat, N., 2002.** Removal of Cu (II) from Aqueous Solution by Ulothrix Zonata. Bioresource Technology, 85, 331-333.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. and Pehlivan, M., 2009.** The Effects of Heavy Metals on Plants. Journal Of Agricultural Sciences, 17, 1307-3311.
- Ouzounidou G., 1994.** Copper İnduced Changes on Growth, Metal Content and Photosynthetic Functions of *Alyssum montanum* L. Plants. Environmental and Experimental Botany, 34, 165-172. DOI:10.1016/0098-8472(94)90035-3.
- Özdilek, H.G., Mathisen, P. and Pellegrino, D., 2007.** Distribution of Heavy Metals in Vegetation Surrounding the Blackstone River, USA: Considerations Regarding Sediment Contamination and Long Term Metals Transport in Fresh water Riverine Ecosystems. Journal of Environmental Biology, 28, 493-502.
- Pal, S., Dhanpal, P., Goswami, J.L. and Tewari, P.K., 2012.** Feasibility Study of Novel Sorbent for Chromium Sequestration and Enhanced İmmobilization. Desalination and Water Treatment, 38, 248-254. DOI:10.1080/19443994.2012.664370.
- Purves, D. and Mackenzie, E.J., 1969.** Trace Element Contamination of Parklands in Urban Areas. Journal of Soil. Science, 20, 288-296. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1969.tb01576.x

- Radthe, U., 1993.** Schwermetalle Untersuchungen zur Schwermetallverteilung und Dynamik in Rezenten Boeden, Palaoboden, Flugsedimenten, Mooren und Kinderspielplätzen. Dusseldorf Geographische Schriften, 31, 10-18.
- Rout, G.R. and Das, P., 2003.** Effect of Metatotoxicity on Plant Growth and Metabolism: I. Zinc. *Agronomie*, 23, 3-11. DOI: 10.1051/agro:2002073.
- Sağlam, C., 2013.** Heavy Metal Accumulation in the Edible Parts of Some Cultivated Plants and Media Samples from a Volcanic Region in Southern Turkey. *Ekoloji*, 22, 1-8. DOI: 10.5053/ekoloji.2013.861.
- Sarıca, Ş., Karataş, Ü. and Diktaş, M., 2008.** Çay (*Camellia sinensis*); İçerigi, Metabolizma ve Sağlık Üzerine Etkileri, Antioksidan Aktivitesi ve Etlik Piliç Karma Yemlerinde Kullanımı. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25, 79-85.
- Saygıdeğer, S., 1995.** *Lycopersicum esculentum* L. bitkisinin çimlenmesi ve gelişimi üzerine kurşunun etkileri. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Ankara, 25-27 Eylül 1995, 588-597.
- Schafer, J., Dannker, D., Eckhardt, J.D. and Stüben, D., 1998.** Uptake of Traffic-Related Heavy Metals and Platinum Group Elements (PGE) by Plants. *The Science of the Total Environment* 215, 59-67. DOI:10.1016/S0048-9697(98)00115-6.
- Schicker, H. and Haddar, C., 1999.** Response of Antioxidative Enzymes to Nickel and Cadmium Stress in Hyperaccumulator Plants of Genus *Alyssum*. *Physiologia Plantarum*, 105, 39-44. DOI: 10.1034/j.1399-3054.1999.105107.
- Schulte, E.E. and Kelling, K.A., 1999.** Soil and Applied Manganese. *Understanding Plant Nutrients*, 94, 827-877.
- Seenivasan, S., Manikandan, N., Muraleedharan, N. and Selvasundaram, R., 2008.** Heavy Metal Content of Black Teas from South India. *Food Control*, 19, 746-749. DOI:10.1016/j.foodcont.2007.07.012.
- Segawa, H., Sakurai, H., Izumi, R., Hayashi, T., Yano, T. and Shibata, S., 2011.** Low-Temperature Crystallization of Oriented ZnO Film Using Seed Layers Prepared by Sol-Gel Method. *Journal of Materials Science*, 46, 3537-3543. DOI: 10.1007/s10853-011-5263-8.
- Sharma, P. and Dubey, R. S., 2005.** Lead Toxicity in Plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 35-52. DOI: 10.1590/S1677-04202005000100004.
- Sims, J.L. and Patrick, W. H. 1978.** The Distribution of Micronutrient Cations in Soil Under Conditions of Varying Redox Potential and pH. *Soil Science Society of America Journal*. 42, 258-262. DOI:10.2136/sssaj1978.03615995004200020010.

- Siskos, A., Yupsani, A., Symeonidis, L., Yupsanis, T. 2010.** Similarities and Differences in the Properties of Multiple NDP-Kinase Isoforms of *Alyssum Murale*, Ni²⁺ Accumulator Species. *Journal of Plant Physiology*, 167, 675-682.
- Sovljanski, R., Obradovic, S., Kisgeci, J., Lazie, S. and Macko, V., 1989.** Heavy Metals Contents and Quality of Hop Cones Treated by Pesticides During the Vegetation. *International Society for Horticultural Science*, 249, 81-88.
- Stancheva, M., Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G., Palazov, A., Stanchev, H. and Correa, I., 2011.** Expanding Level of Coastal Armouring: Case Studies from Different Countries. *Journal of Coastal Research*, 64, 1814-1819.
- Stresty, T. V. S. and Madhava, K. V., 1999.** Ultrastructural Alterations in Response to Zinc and Nickel Stress in the Root Cell of Pigeonpea. *Environmental and Experimental Botany*, 41, 3-13. DOI:10.1016/S0098-8472(98)00034-3.
- Şamil, A., Tezcan, R., Ceylen, N. ve Erçetin, M., 2005.** Şarkikaraağaç Yöresinde Yetiştirilen Üzüm Çeşitlerinde Bakır ve Çinko Tayini. *Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8, 31-34.
- Şanlı, C., Hızal, S. ve Albayrak, M., 2005.** Kurşun ve Çocuk Sağlığı. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 14, 70-75.
- Şener, Ş., 2010.** Çevre İçin Jeoloji. Ağır Metallerin Çevresel Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Dergisi*, 3, 33-36.
- Şişman, I., Imamoğlu, M. and Aydın, A.O., 2002.** Determination of Heavy Metals in Roadside Soil from Sapanca Areahighway, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution*, 17, 306-311.
- Tuna, A. L. ve Girgin A. L., 2005.** Mısırdaki (*Zea mays* L.) Gelişme Mineral Beslenme ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Termik Santral Uçucu Küllerin Etkisi. *Ekoloji*, 14, 7-15.
- Tuncay, Y., 2007.** Kovada Gölü'nde Yaşayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye*, 51s, 20-22.
- Türkan, İ., 1986.** İzmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun (Pb), Çinko (Zn) ve Kadmiyum (Cd) Kirlenmesinin Araştırılması. *Doğa, Türk Biyoloji Dergisi*, 10, 116-120.
- Türkmen, A., 2003.** İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesinde Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi. *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye*, 152s., 16.

- Türkoğlu, M., 2008.** Van Gölü'nden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi.Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye, 59s., 10.
- Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon H. and Coudret, A., 2005.** Comparative Study of Responses in four *Datura* Species to a Zinc Stress. *Chemosphere*, 59, 1005-1013. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2004.11.030.
- Vazquez, M.D., Poschenrieder, C. and Barcelo, J., 1987.** Chromium VI İnduced Structural and Ultrastructural Changes in Bush Bean Plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annals of Botany*, 59, 427-438.
- Vural, H., 1993.** Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Çevre Dergisi*, 2, 3-8.
- Vural, N., 2005.** Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Basımevi, yayın no: 73, 1. Baskı, ISBN: 975-482-289-1, 674s., 509, 555.
- Vural, A., 2013.** Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of *Robinia pseudoacacia*, in Gumushane, Northeastern Turkey. *Ekoloji*, 22, 1-10. DOI: 10.5053/ekoloji.2013.891.
- Vural, A., 2014.** Toprak Ve Akasya Ağacı Sürgünlerindeki İz / Ağır Metal Dağılımı, Gümüşhane, Türkiye. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 148, 85-106.
- Warne, M.S., Heemsbergen, D., Stevens, D., McLaughlin, M., Cozens, G., Whatmuff, M., Broos, K., Barry, G., Bell, M., Nash, D., Pritchard, D., and Penney, N., 2008.** Modeling the Toxicity of Copper and Zinc Salts to Wheat in 14 Soils. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27:786–792. DOI: 10.1897/07-294.1.
- Xi, D., Li, J., Kuang, Y.W., Xu, Y.M. and Zhu, X.M., 2013.** Influence of Traffic Exhausts on Elements and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Leaves of Medicinal Plant *Broussonetia Papyrifera*. *Atmospheric Pollution Research*, 4, 370-376. DOI: 10.5094/APR.2013.042
- Yaldız, G. ve Şekeroğlu, N., 2013.** Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Bazı Ağır Metallere Tepkisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6, 80-84.
- Yaman, M., 2006.** Comprehensive Comparison of Trace Metal Concentrations in Cancerous and Non-cancerous Human Tissues. *Current Medicinal Chemistry*, 13, 2513-2525.
- Yang, X., Feng, Y., He, Z. and Stoffella, P.J., 2005.** Molecular Mechanisms of Heavy Metal Hyperaccumulation and Phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18, 119-353.

- Yaşar, Ü., 2009.** *Cercis Siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biyomonitör Olarak Kullanımı. Doktora tezi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 157 s., 20.
- Yaylalı Abanuz G. ve Tüysüz N., 2012.** Çayeli Bakır Yatağı Çevresindeki Toprak ve Bitkilerde Mevsimsel Değişimlerin İstatistiksel Olarak Belirlenmesi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 36, 99-113.
- Yıldız, N., 2003.** Toprak Kirlenici Ağır Metaller Ve Toprak Bitki İlişkileri. 1. Ulusal Çevre Sempozyumu, Erzurum.1-3 Mayıs 2003, 573-582.
- Yılmaz, R., Sakcalı, S., Yarci, C, Aksoy, A. and Öztürk, M., 2006.** Use of *Aesculus hippocastanum* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. Pakistan Journal of Botany, 38, 1519-1527.
- Yamamoto, T., Juneja, L.R. and Chu, D.C.,1997.** Chemistry and Applications of Green Tea. CRC Press, Boca Raton, Florida, ISBN: 0-8493-406-3,176s. 114.
- Yücekutlu, A.N., 2013.** Sahra Tozunun Elemental Yapısının Bitkilerin Büyümesi Üzerindeki Göreceli Etkisinin İncelenmesi. Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi, 1, 415-427.
- Zengin, K.F. ve Munzuroğlu, Ö., 2005.** Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. *Strike*) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+3} , Zn^{+2}) Etkileri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17, 164-172.
- Zitka, O., Krystofova, O., Hynek, D., Sobrova, P., Kaiser, J., Sochor, J., Zehnalek, J., Babula, P., Ferrol, N., Kizek, R. and Adam, V., 2013.** Metal T- Ransporters In Plants. Springer, 2, 19-41, DOI: 10.1007/978-3-642-38469-1.
- URL 1, 2015.** http://erdogan.edu.tr/fakulte/ziraat/?page_id=63 (14.06.15)
- URL 2, 2015.** http://www.trabzon.gov.tr/index.php?p=icerik_&cid=41 (14.06.15)
- URL-3, 2015.** <http://www.artvin.gov.tr/?page=icerik&file=detay&id=57> (15.06.15)
- URL 4, 2015.** <http://www.giresun.edu.tr/index.php?id=255> (14.06.15)
- URL-5, 2015.** <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/default> (22.06.15)
- URL-6, 2015.** <https://www.google.com/earth/>(20.06.15)

ÖZGEÇMİŞ

Pınar UZUNER, 06/02/1990 tarihinde Erzurum'da doğdu. İlköğretimini 2004 yılında Ankara ilinde Çankaya ilçesinde Balgat İlköğretim Okulu'nda ve Ortaöğretimini 2008 yılında Ankara ilinde Çankaya ilçesinde Çankaya Kılıçarslan Süper Lisesi'nde tamamladı. 22/10/2008 tarihinde başladığı lisans eğitimini 15/06/2012 tarihinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde tamamladı. 2012 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Bölümü'nde başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir.