



**KIRGIZİSTAN TÜRKİYE MANAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BIYOLOJİ ANABİLİM DALI**

***Populus nigra, Dactylis glomerata, Mentha longifolia, Salix fragilis,
Arundo donax ve Achillea millefolium*'un Bişkek-Kırgızistan'da
Muhtemel Ağır Metal Kirliliğinin Tespitinde Biyomonitör Organizma
Olarak Kullanılabilirlikleri**

**Hazırlayan
Tamara ABDİKAİMOVA**

**Danışman
Doç. Dr. Kadirbay ÇEKİROV
Eş danışman
Doç. Dr. İlhan DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Aralık – 2018
KIRGIZİSTAN/BİŞKEK**

KIRGIZİSTAN TÜRKİYE MANAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BIYOLOJİ ANABİLİM DALI

Populus nigra, Dactylis glomerata, Mentha longifolia, Salix fragilis, Arundo donax ve Achillea millefolium'un Bişkek-Kırgızistan'da Muhtemel Ağır Metal Kirliliğinin Tespitinde Biyomonitör Organizma Olarak Kullanılabilirlikleri

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
Tamara ABDİKAİMOVA

Danışman
Doç. Dr. Kadirbay ÇEKİROV
Eş danışman
Doç. Dr. İlhan DOĞAN

Bu çalışma; Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2017.FBE.01 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Aralık – 2018
KIRGIZİSTAN/BİŞKEK

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Tamara ABDİKAİMOVA

Imza:

ИЛИМИЙ ЭТИКАГА ШАЙКЕШТИГИ

Бул диссертацияда колдонулган бардык маалыматтар академиялык жана этикалык эрежелерге жооп берет. Ошондой эле, башка илимий булактардан алынган маалыматтарга “ АДАБИЯТ ” бөлүмүндө шилтемелер көрсөтүлдү.

Абдыкаимова Тамара

Колу:

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“*Populus nigra, Dactylis glomerata, Mentha longifolia, Salix fragilis, Arundo donax* ve *Achillea millefolium*’un Bişkek-Kırgızistan’da Muhtemel Ağır Metal Kirliliğinin Tespitinde Biyomonitör Organizma Olarak Kullanılabilirlikleri” adlı Yüksek Lisans Tezi, Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan:

Tamara ABDİKAİMOVA

İmza:

Danışman:

Doç., Dr. Kadırbay ÇEKİROV

İmza:

Eş danışman:

Doç. Dr., İlhan DOĞAN

İmza: 

Biyoloji ABD Başkanı

Doç. Dr. Gülbübu KURMANBEKOVA

İmza:

ЭРЕЖЕЛЕРГЕ БАШ ИЙҮҮ

“*Populus nigra, Dactylis glomerata, Mentha longifolia, Salix fragilis, Arundo donax* жана *Achillea millefolium*” өсүмдүктөрүнүн Кыргызстандын Бишкек шаарынын оор металдар менен булгануусун аныктоодо биомонитор организм катары колдонуу мүмкүнчүлүгү” аттуу магистрдик иш, Кыргыз – Түрк “Манас” университетинин магистрдик диссертация долбоору жана диссертацияны жазуу эрежелерине тура келгендей болуп даярдалды.

Даярдаган:

Абдыкаимова Тамара

Колу:

Илимий жетекчи:

Б.и.к., доц. Кадырбай Чекиров

Колу:

Жардамчы жетекчи:

Доц., др. Илхан ДОГАН

Колу:



Биология бөлүм жетекчиси

Б.и.д., профессор. Курманбекова Гүлбүбү

Колу:

KABUL VE ONAY

Doç.Dr. Kadırbay ÇEKİROV ve Doç.Dr İlhan DOĞAN danışmanlığında Tamara ABDİKAİMOVA tarafından hazırlanan “*Populus nigra, Dactylis glomerata, Mentha longifolia, Salix fragilis, Arundo donax* ve *Achillea millefolium*’un Bişkek-Kırgızistan’da Muhtemel Ağır Metal Kirliliğinin Tespitinde Biyomonitör Organizma Olarak Kullanılabilirlikleri” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

...../...../.....

JÜRİ:

Komisyon Başkanı	Prof.Dr. Camila Karabekova
Danışman:	Doç.Dr. Kadırbay Çekirov
Üye:	Doç.Dr. Gülbübü Kurmanbekova
Üye:	Prof.Dr. İbrahim İlker Özyiğit
Üye:	Doç.Dr. Nazgül İmanberdieva
Üye:	Doç.Dr. Nurbek Aldayarov

ONAY :

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Doç.Dr. Dağıstan ŞİMŞEK

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocalarım Doç.Dr. Kadirbay ÇEKİROV'a ve Doç.Dr. İlhan DOĞAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşamamda yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Zeki SEVEROĞLU'ya ve Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: 2017.FBE.01) teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tamara ABDİKAİMOVA

Bişkek/Aralık - 2018

**POPULUS NİGRA, DACTYLIS GLOMERATA, MENTHA LONGİFOLIA,
SALIX FRAGİLİS, ARUNDO DONAX VE ACHİLLEA
MILLEFOLIUM'UN BIŞKEK KIRGIZİSTAN'DA MUHTEMEL AĞIR
METAL KİRLİLİĞİNİN TESPİTİNDE BİYOMONİTÖR ORGANİZMA
OLARAK KULLANILABİLİRLİKLERİ**

Tamara ABDİKAIMOVA

Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2018

Danışman: Doç.Dr. Kadirbay ÇEKİROV

Eş danışman: Doç.Dr. İlhan DOĞAN

KISA ÖZET

Özellikle son yıllarda, ağır metal kirliliği, çok önemli bir çevre problemi haline gelmiştir. Bilinçsizce doğaya bırakılan ağır metaller, suya, toprağa ve havaya karışmaktadır. Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak, şehir ortamlarında sayısı hızla artan motorlu taşıtlar, atmosfere saldıkları egzoz gazları nedeniyle en önemli kirletici kaynaklar arasında sayılmaktadır. Karasal tüm motorlu araçlar, deniz taşıtları ve uçaklar kullandıkları petrol ve türevlerinin yanması sırasında atmosfere saldıkları çeşitli gaz ve toz yapıdaki kirleticiler ile ortam havasının kalitesini etkilemektedirler. Ağır metallerin bitki, hayvan ve insanlarda birikimi sonucunda çeşitli sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır. Ağır metaller insan vücuduna; su, hava ve besin yoluyla girmektedir. Ağır metal stresinin boyutunu anlayabilmek için bitkilerin metabolik olaylar seviyesinde nasıl etkilediğinin gözlemlenmesi ve bitkilerin bu tür kirleticilere karşı nasıl tepki verdiğinin belirlenmesi önemlidir. Böylece problemin boyutu daha iyi anlaşılabilir. Bu amaçla çalışmada, Kırgızistan'ın Bişkek şehrinde Alamedin Nehri boyunca 10 istasyondan toplanan *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax* ve *A. millefolium* bitkilerinin kök, gövde ve yaprakları (yıkılmış ve yıkılmamış) ile toplandığı lokalitelerdeki topraklarda bazı ağır metal ve mineral besin elementleri ICP-MS kullanılarak belirlenmiştir. Böylece, bu çalışmada özellikle son on yılda nüfus artışı ve hızlı endüstrileşmeden dolayı kontrol dışı kirlenme ile yüz yüze olan Bişkek şehrinde ağır metallerin bitki ve topraktaki

durumları ile bunların bitkideki bazı mineral elementlerin alınımına etkileri incelenmiştir.

Anahtar kelimeleri: *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax*, *Achillea millefolium* L., kirlilik, mineral beslenme, ağır metal ve mineral elementler.

***POPULUS NIGRA, DACTYLIS GLOMERATA, MENTHA LONGIFOLIA,*
SALIX FRAGILIS, ARUNDO DONAX ЖАНА *ACHILLEA*
MILLEFOLIUM ӨСҮМДҮКТӨРҮНҮН КЫРГЫЗСТАНДЫН
БИШКЕК ШААРЫНЫН ООР МЕТАЛДАР МЕНЕН
БУЛГАНУУСУН АНЫКТООДО БИОМОНИТОР ОРГАНИЗМ
КАТАРЫ КОЛДОНУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮ.**

Тамара Абдыкаимова

Кыргыз-Түрк “Манас” университети, Табигый илимдер институту

Магистрдик иш, бештин айы 2018

Илимий жетекчи: Б.и.к., Доц. Кадырбай Чекиров

Жардамчы жетекчи: Доц., др. Илхан ДОГАН

КЕҢИРИ АННОТАЦИЯ

Акыркы жылдары оор металл менен булгануулар өтө маанилүү айлана-чөйрө көйгөйлөрүнө алып келүүдө. Билишибизче жаратылышка ташталган оор металлдар суу, топурак жана аба менен аралашууда. Калктын өсүшү, шаардын өнүгүүсү менен бирге шаар жерлеринде саны тездик менен өсүп жаткан транспорт каражаттарынан чыккан газдар атмосферага таралууда жана бул көрүнүш абаны кирдетүүчүлөрдүн эн башкы булагы болуп саналат. Жер бетинде жүрүүчү баардык транспорт каражаттары, деңиз транспорттору жана учактарда колдонулуучу нефтинин жана алардын күйүүсү атмосферага таралып, ар түрдүү газдар жана чаң түрүндөгү кирдетүүчүлөр айлана-чөйрөнүн тазалыгына таасирин тийгизет. Оор металлдардын, өсүмдүк, жаныбар жана адамдардын организмде топтолуусунун натыйжасында ар кандай ден соолукка байланыштуу көйгөйлөр келип чыгууда. Оор металлдар адамдын организмине суу, аба жана тамак-аш аркылуу кирет. Оор металл стресси өсүмдүктөрдүн метаболитикалык жагдайларына кандай таасир тийгизээрин билүү, айрыкча өсүмдүктөрдүн мындай түрдөгү кирдетүүчүлөргө каршы кандай жооп кайтараарын жана кандай сактануу механизмдерин иштеп чыгуусун билүү өтө маанилүү.

Бул изилдөөдө өсүмдүктөрдүн организмде Al, Cr, Cu, Ni, Pb жана Zn оор металлдарынын кармалуусу аныкталды. Айрыкча оор металл стресси өсүмдүктөрдүн метаболитикалык жагдайларына кандай таасир тийгизээрин билүү үчүн өсүмдүк организмдеги Ca, Fe, K жана Mg сыяктуу минералдык элементтеринин дагы талдоосу жүргүзүлдү.

Изилдөө Бишкек шаарын жана шаардын чет жакасындагы Көк-Жар, Таш-Мойнок, Беш-Күнгөй, Аламедин айылдарын аралап агып өтүүчү Аламедин суусунун жээгиндеги оор металл кирдүүлүгүнө дуушар болгон *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax* жана *Achillea millefolium* өсүмдүк үлгүлөрүн биомонитор катары колдонуу менен, жогорудагы иш-аракеттерди аткарууга багытталган. Тандалып алынган өсүмдүктөрдүн ар түрдүү органдарынын оор металлдарды камтуусун талдоо үчүн “биомонитор” катары колдонуу мүмкүндүгүн, бул кирдүүлүктүн чегин жана өлчөмдөрүн сандык жактан аныктоо, ошону менен бирге, өсүмдүк үлгүлөрүнүн оор металлдар менен кандай жолдор аркылуу (аба аркылуу же топурак аркылуу тамырга) булгангандыгын аныктоо изилдөөнүн негизги максаты болуп саналат.

Бишкек шаарындагы Аламүдүн суусунун ар кайсы аймактарында Al, Cr, Cu, Ni, Pb жана Zn оор металлдарынын өсүмдүктөрдө топтолуу өлчөмүн жана таралышын аныктоо менен жогоруда айтылган оор металл кирдүүлүгүнүн биротоло жок болуусун же аларды азайтуу үчүн бир сунуш киргизүү максат катары коюлган.

Изилдөөнүн жыйынтыгында, материал катары колдонулган өсүмдүктөрдө айрым оор металлдар нормалдуу көрсөткүчүнөн жогору ал эми минералдык элементтердин көрсөткүчү, изилденген өсүмдүктөрдүн айрымдарында нормада болсо кээбирлеринде нормадан төмөн экендиги байкалды. Мисалы: Al, Cr, Cu, Ni оор металлдар 6,7,8,9 станцияларда нормадан жогорку көрсөткүчтө кармалганы тастыкталды. Оор металлдардын көрсөткүчтүгү, шаар четиндеги станцияларга салыштырмалуу, шаар ичиндеги станцияларда жогору. Бул жыйынтыктар, Бишкектин айлана чөйрөсүнүн кирленүүсү адамдын ден соолугуна терс таасирин тийгизе турган даражада экендигин тастыктайт.

Ачкыч сөздөр: *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax*, *Achillea millefolium* L., оор металлдар, минерал элементтер, атмосферанын булгануусу.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ БИОМОНИТОР
ОРГАНИЗМОВ ТАКИХ РАСТЕНИЙ, КАК: *POPULUS NIGRA*,
DACTYLIS GLOMERATA, *MENTHA LONGIFOLIA*, *SALIX FRAGILIS*,
ARUNDO DONAX И *ACHILLEA MILLEFOLIUM* – В ОПРЕДЕЛЕНИИ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ТЕРРИТОРИИ
ГОРОДА БИШКЕК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Тамара Абдыкаимова

Кыргызско -Турецкий университет Манас, Институт

Естественных наук

Магистерская работа, декабрь 2018

Научный руководитель: К.б.н., Доц. Кадырбай Чекиров

Соруководитель: Доц., др. Илхан ДОГАН

АННОТАЦИЯ

Одним из экологических проблем является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Основными загрязнителями воздуха, воды и почвы тяжелыми металлами являются промышленные предприятия и разные виды транспортных средств. В результате деятельности человека тяжелые металлы поступая в природу смешиваются с водой, почвой и воздухом. Из загрязненной окружающей среды тяжелые металлы поступают в организмы растений, животных и человека в процессе дыхания и через пищевую цепь. Накопление их в организме может вызывать разного рода отрицательные последствия. Изучение влияний тяжелых металлов на метаболические процессы растительных организмов и реакции растений на такие загрязнения позволяют понять степени стресса растений от тяжелых металлов. Целью работы явилось изучение содержания тяжелых металлов в почве и растений вида *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax* и *Achillea millefolium* L., произрастающих на территории реки Аламедин, протекающей по г. Бишкек. В ходе исследований определялись концентрации Ca, Cu, K, Mg и Ni в почве и у различных органах *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax* и *Achillea millefolium* L. с использованием масс-спектрометра ICP-MS. В результате исследований получены данные,

показывающие изменения содержания тяжелых металлов в зависимости от интенсивности загрязнения городской среды.

Ключевые слова: *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax*, *Achillea millefolium* L., загрязнение окружающей среды, минеральные элементы, тяжелые металлы.

USABILITY OF *POPULUS NIGRA*, *DACTYLIS GLOMERATA*, *MENTHA LONGIFOLIA*, *SALIX FRAGILIS*, *ARUNDO DONAX* AND *ACHILLEA MILLEFOLIUM* AS BIOMONITOR ORGANISMS IN THE INVESTIGATION OF POSSIBLE HEAVE METAL POLLUTION IN BISHKEK – KYRGYSTAN

Tamara ABDIKAIMOVA

Kyrgyzstan-Turkey Manas University, Graduate school of Natural and Applied Sciences M.Sc. Thesis, December 2018

Supervisor: Assoc.Prof. Kadyrbai Chekirov

co-advisor: Assoc.Prof. Ilhan Dogan

ABSTRACT

One of the environmental problems is the pollution of the environment with heavy metals. The main pollutants of air, water and soil with heavy metals are industrial enterprises and various types of vehicles. As a result of human activity, heavy metals entering the nature are mixed with water, soil and air. From the polluted environment, heavy metals enter the organisms of plants animals and of human being in the process of respiration and through the food chain. Their accumulation in the body can cause all sorts of negative consequences. The study of the effects of heavy metals on the metabolic processes of plant organisms and the reactions of plants to such pollution allows us to understand the degree of stress of plants from heavy metals. In this study, some heavy metals and soils collected in the localities of *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax* and *Achillea millefolium* mineral nutrients were determined using ICP-MS. Thus, in this study, the effects of heavy metals on plant and soil and the effects of some mineral elements on the plant were investigated in Bishkek, which is faced with uncontrolled pollution due to population growth and rapid industrialization in the last ten years.

Keywords: *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax*, *Achillea millefolium* L., pollution, mineral elements, heavy metals.

İÇİNDEKİLER

Populus nigra, Dactylis glomerata, Mentha longifolia, Salix fragilis, Arundo donax ve Achillea millefolium'un Bişkek-Kırgızistan'da muhtemel ağır metal kirliliğinin tespitinde biyomonitör organizma olarak kullanılabilirlikler

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY.....	iv
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR	v
KISA ÖZET	vi
GENİŞ ÖZET	viii
ÖZET (RUSÇA).....	x
ÖZET (İNGİLİZCE).....	xii
İÇİNDEKİLER	xiii
KISALTMALAR	xvi
ŞEKİL LİSTESİ	xviii
TABLO LİSTESİ	xxiv
GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Ağır Metallerle İlgili Genel Bilgiler	4
2.1.1. Alüminyumun (Al) ve Biyolojik Önemi	7
2.1.2. Bakır (Cu) ve Biyolojik Önemi	10
2.1.3. Krom (Cr) ve Biyolojik Önemi.....	12
2.1.4. Kurşun (Pb) ve Biyolojik Önemi.....	14
2.1.5. Nikel (Ni) ve Biyolojik Önemi	17
2.1.6. Çinko (Zn) ve Biyolojik Önemi	18

2.2. Bitki Mineral Elementleri ve Biyolojik Önemleri.....	20
2.3. Ağır Metal Kirliliğinde Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanılması.....	21
2.3.1. Kırgızistan’da Yapılan Bazı Çalışmalar.....	23
2.3.1. Yurtdışında Yapılan Bazı Çalışmalar.....	24

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitkilerin Özellikleri	29
3.1.1. <i>Populus nigra</i> (kavak)	29
3.1.2. <i>Dactylis glomerata</i> (domuz ayrığı)	30
3.1.3. <i>Mentha</i> sp. (Nane)	32
3.1.4. <i>Salix fragilis</i> (Gevrek söğüt)	34
3.1.5. <i>Arundo donax</i> (kargı)	35
3.1.6. <i>Achillea millefolium</i> (Civan perçemi)	36
3.2 Bitki örneklerinin toplanması	37
3.3. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry- İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) kullanılarak Ağır Metal ve Mineral Besin Element İçeriklerinin Tayini	40

4. BÖLÜM

BULGULAR

4.1. Bitki Örneklerinin Element Akümülyasyon Kapasiteleri.....	43
4.1.1. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Ca Akümülyasyon Miktarları...45	
4.1.2. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Fe Akümülyasyon Miktarları...52	
4.1.3.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin K Akümülyasyon Miktarları...59	
4.1.4.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Mg Akümülyasyon Miktarları...66	
4.1.5.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Al Akümülyasyon Miktarları...74	
4.1.6. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Cr Akümülyasyon Miktarları...80	
4.1.7.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Cu Akümülyasyon Miktarları...87	
4.1.8.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Ni Akümülyasyon Miktarları..94	
4.1.9.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Pb Akümülyasyon Miktarları..102	
4.1.10.Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Zn Akümülyasyon Miktarları.109	

4.2. Bitkilerin Yetiştikleri Toprak Örneklerinde Belirlenen Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn Elementlerinin Konsantrasyonları.....	116
---	-----

5. BÖLÜM

TARTIşMA – SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1.Tartışma – sonuç ve öneriler.....	118
KAYNAKLAR	128
ÖZGEşMİş	143

KISALTMALAR

%	Yüzde
Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
Be	Berilyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
CdCl₂	Kadmiyum klorür
CdS	Kadmiyum kükürt
CdSO₄	Kadmiyum sülfat
Cl	Klor
cm	Santimetre
cm³	Santimetre küp
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
°C	Santigrad derece
DNA	Deoksiribonukleikasit
DW	Dry weight (Kuru Ağırlık)
Fe	Demir
g(r)	Gram
Ga	Galyum
Hg	Civa
HNO₃	Nitrik asit
ICP	İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
K	Kelvin veya Potasyum
kg	Kilogram

km	Kilometre
kw	Kilovat
L(t)	Litre
Li	Lityum
m	Metre
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
Mhz	Megahertz
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Azot
µg	Mikrogram
µm	Mikromilimetre
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
PbO	Kurşun oksit
Pb₃O₄	Kurşun (II, IV) oksit, Kurşun tetroksit
PbO₃	Plumbate {-2}
ppm	Part per million (Milyonda bir)
S	Kükürt
Si	Silisyum
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Sr	Strontiyum
Ti	Titanyum
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
V	Vanadyum
Zn	Çinko
ZnSO₄	Çinko sülfat

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Alamedin nehrinin haritası	3
Şekil 3.1. <i>Populus nigra</i> -Sınıflandırma.....	29
Şekil 3.2 <i>Populus nigra</i> - Genel Görünüş.....	29
Şekil 3.3 <i>Populus nigra</i> - Herbaryum	30
Şekil 3.4 <i>Populus nigra</i> - Çizimi.....	30
Şekil 3.5. <i>Dactylis glomerata</i> - Sınıflandırma.....	30
Şekil 3.6 <i>Dactylis glomerata</i> - Genel Görünüşü	30
Şekil 3.7 <i>Dactylis glomerata</i> - Herbaryum Görüntüsü.....	32
Şekil 3.8 <i>Dactylis glomerata</i> - Çizimi.....	32
Şekil 3.9. <i>Mentha longifolia</i> -Sınıflandırma.....	32
Şekil 3.10. <i>Mentha longifolia</i> - Genel Görünüş.....	32
Şekil 3.11. <i>Mentha longifolia</i> -Herbaryum Görüntüsü.....	33
Şekil 3.12. <i>Mentha longifolia</i> -Çizimi.....	33
Şekil 3.13. <i>Salix fragilis</i> –Sınıflandırma.....	34
Şekil 3.14. <i>Salix fragilis</i> -Genel Görünüş.....	34
Şekil 3.15. <i>Salix fragilis</i> –Sınıflandırma.....	35
Şekil 3.16. <i>Salix fragilis</i> –Çizimi.....	35
Şekil 3.17. <i>Arundo donax</i> –Sınıflandırma.....	35
Şekil 3.18. <i>Arundo donax</i> -Genel görünüş.....	35
Şekil 3.19. <i>Arundo donax</i> -Herbaryum Görüntüsü.....	36

Şekil 3.20. <i>Arundo donax</i> –Çizimi.....	36
Şekil 3.21. <i>Achillea millefolium</i> -Sınıflandırma.....	36
Şekil 3.22. <i>Achillea millefolium</i> -Genel Görünüş.....	36
Şekil 3.23. <i>Achillea millefolium</i> -Herbaryum Görüntüsü.....	37
Şekil 3.24. <i>Achillea millefolium</i> -Çizimi.....	37
Şekil 4.1. Bitki örneklerinin toplandığı Alamedin nehrinin kaynağından ve şehir içinden geçtiği yerlerden birkaç uydu görüntüsü (Görüntüler Google Earth Programı kullanılarak alıntı yapılmıştır).....	40
Şekil 4.2. Analizlerde kullanılan cihazlar a) ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer – Perkin Elmer Optima 7000 DV), b) Berghof-MWS2.....	42
Şekil 4.3. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Ca miktarları.....	46
Şekil 4.5. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Ca miktarla.....	47
Şekil 4.6. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Ca miktarları.....	48
Şekil 4.7. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Ca miktarları.....	50
Şekil 4.8. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Ca miktarları.....	51
Şekil 4.9. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Fe miktarları.....	52
Şekil 4.10. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Fe miktarları.....	53

Şekil 4.11. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Fe miktarları.....	54
Şekil 4.12. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Fe miktarları.....	56
Şekil 4.13. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Fe miktarları.....	57
Şekil 4.14. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Fe miktarları.....	58
Şekil 4.15. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan K miktarları.....	59
Şekil 4.16. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan K miktarları.....	61
Şekil 4.17. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan K miktarları.....	62
Şekil 4.18. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan K miktarları.....	63
Şekil 4.19. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan K miktarları.....	64
Şekil 4.20. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan K miktarları.....	66
Şekil 4.21. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Mg miktarları.....	67
Şekil 4.22. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Mg miktarları.....	68
Şekil 4.23. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Mg miktarları.....	69

Şekil 4.24. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Mg miktarları.....	70
Şekil 4.25. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Mg miktarları.....	71
Şekil 4.26. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Mg miktarları.....	73
Şekil 4.27. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Al miktarları.....	74
Şekil 4.28. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Al miktarları.....	75
Şekil 4.29. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Al miktarları.....	76
Şekil 4.30. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Al miktarları.....	77
Şekil 4.31. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Al miktarları.....	78
Şekil 4.32. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Al miktarları.....	79
Şekil 4.33. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Cr miktarları.....	81
Şekil 4.34. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Cr miktarları.....	82
Şekil 4.35. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Cr miktarları.....	83
Şekil 4.36. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Cr miktarları.....	84

Şekil 4.37. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Cr miktarları.....	85
Şekil 4.38. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Cr miktarları.....	86
Şekil 4.39. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Cu miktarları.....	87
Şekil 4.40. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Cu miktarları.....	89
Şekil 4.41. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Cu miktarları.....	90
Şekil 4.42. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Cu miktarları.....	91
Şekil 4.43. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Cu miktarları.....	92
Şekil 4.44. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Cu miktarları.....	93
Şekil 4.45. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Ni miktarları.....	95
Şekil 4.46. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Ni miktarları.....	96
Şekil 4.47. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Ni miktarları.....	97
Şekil 4.48. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Ni miktarları.....	98
Şekil 4.49. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Ni miktarları.....	99

Şekil 4.50. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Ni miktarları.....	101
Şekil 4.51. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Pb miktarları.....	102
Şekil 4.52. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Pb miktarları.....	104
Şekil 4.53. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Pb miktarları.....	105
Şekil 4.54. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Pb miktarları.....	106
Şekil 4.55. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Pb miktarları.....	107
Şekil 4.56. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Pb miktarları.....	108
Şekil 4.57. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. millefolium</i> 'da bulunan Zn miktarları.....	109
Şekil 4.58. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>A. donax</i> 'da bulunan Zn miktarları.....	111
Şekil 4.59. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>D. glomerata</i> 'da bulunan Zn miktarları.....	112
Şekil 4.60. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>M. longifolia</i> 'da bulunan Zn miktarları.....	113
Şekil 4.61. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>P. nigra</i> 'da bulunan Zn miktarları.....	114
Şekil 4.62. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan <i>S. fragilis</i> 'de bulunan Zn miktarları.....	115

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn'nin Periyodik Tablodaki Yerleri.....	5
Tablo 2.2. Ekosisteme Karışan Toksik Ağır Metal Kaynakları.....	7
Tablo 2.3. Bitkiler için az miktarda da olsa gerekli olan bazı mikro elementler.....	21
Tablo 3.1. Bişkek'te, Alamedin nehri boyunca örnek toplanan istasyonlar ve bu istasyonlardan toplanan bitki ve toprak örnekleri.....	44
Tablo 3.2 bitki türüne ait bitkilerin yetiştikleri toprak örneklerinde belirlenen Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonları (mg.kg ⁻¹ kuru ağırlık). Değerlerin standart sapma oranları % 0.5-3 aralığındadır.....	117

GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

İnsanlar yüzyıllar boyunca ağır metalleri sebep olduğu etkilerin farkında olmadan çeşitli amaçlar için kullanmışlardır (Banerjee, ve ark., 2017). Sanayileşmenin bir sonucu olarak ağır metal içeren ürünlerin kullanımlarının artması sonucunda ağır metal birikimi ekosistemde yaygın şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu birikim yıllarca devam etmiş ve ağır metal kirliliği günümüzde aşırı boyutlara ulaşarak ciddi ekolojik problemleri de beraberinde getirmiştir (Akguc ve ark., 2008; Carfagna ve ark., 2013). Günümüzde hızlı popülasyon artışı ile birlikte hızlı endüstrileşme, plansız kentleşme ve çeşitli amaçla ilaçların yaygın kullanımları gibi sebeplerden dolayı oldukça karmaşık çevre sorunları ortaya çıkmıştır. Bu tür çevre kirliliği evrensel bir sorun olarak kabul edilmektedir.

Ağır metal kirliliğinin birçok sebebi olabileceği gibi doğadaki birikim oranları gözönüne alındığında daha çok antropojenik (insan) kaynaklı olduğu görülmektedir (Suzuki ve ark., 2009; Wu ve ark., 2010). Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, tarımda gübreleme ve ilaçlama gibi pek çok antropojenik etken ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında sayılabilir (Ozaki ve ark., 2004; Yasar ve ark., 2010; Wong ve ark., 2017). Ağır metaller organizmalarda birikerek besin zincirine dâhil olup ekosistemde tehlikeli yoğunluklarda uzun süre kalabilmekte ve insan sağlığı açısından son derece tehlike arz etmektedir (Varol ve Sunbul, 2017). Bu nedenlerle ekosistemlerde ağır metal birikiminin yakından izlenmesi gerekir. Birçok endüstrileşmiş ülke, bu konu ile ilgili olarak değişik izleme programlarını takip etmektedirler (García-Seoane ve ark., 2017; Gómez-Arroyo ve ark., 2018).

Bu yüzden ekosistemlerde ağır metal birikiminin yakından izlenmesi gerekir. Birçok endüstrileşmiş ülke, bu konu ile ilgili olarak değişik izleme programlarını takip etmektedirler. Son yıllarda geniş alanlar üzerinde etkili olabilen ve ağır metal birikimlerini gözlemleyebilecek biyolojik monitörlerle yapılan araştırma metodları geliştirilmiştir (Osman ve Kloas, 2010).

Biyosferin belirli özelliklerini belirlemek için kullanılan canlılara “biyoindikatör” ya da “biyomonitör” canlılar denir (Metin ve Ender, 2014). Biyoindikatör, çevresel değişimlerin kalitesini veya çevresel bilgi sağlayan tüm organizmaları ifade ederken biyomonitör ise, çevrenin kalitesinde nicel bilgiler sağlayan organizmalar olarak ifade edilir (Metin ve Ender, 2014; Wolterbeek, 2002). Yine birçok araştırmacı biyomonitör canlıları “çevrenin kirlenip kirlenmediği hakkında bilgi veren organizmalar” olarak

tanımlamışlardır (Tingey, 1989; DeCaprio, 1997; Kamrin, 2004). Kontaminasyona sebep olan belli kirlilik kaynaklarına karşı belli bitki türleri çok duyarlıdır ve bunlara spesifik yanıt oluştururlar. Bitkiler aynı zamanda kirliliğe sebep olan belli kirlleticilere karşı biyoakümülatör olarak kullanılırlar. Biyoakümülatör olarak kullanılan bitkilerin doku analizleri sayesinde kirliliğe sebep olan maddelerin çevredeki konsantrasyonları tespit edilebilir (Elik ve Akçay, 2000).

Bu tezin asıl amaç ve hedefi *Populus nigra*, *Dactylis glomerata*, *Mentha longifolia*, *Salix fragilis*, *Arundo donax* ve *A. Millefolium* bitkilerin çeşitli organlarının ağır metal kirliliği için biyomonitör organizma olarak kullanılabilirliklerini belirlemektir aynı zamanda bu kirliliğin sınır ve boyutlarını, nümerik olarak saptamak, kirlilik kaynaklarının çeşitleri ile örnek alınan bitkinin kirlilik kaynaklarına uzaklığının önemini araştırmak, bitki örneklerinin, ağır metallerle hangi yollarla (hava yolu ile bitkinin toprak üstü kısımlarına veya topraktan köke) kontamine olduklarını saptamak, Bişkek'in Alamedin nehri boyunca çeşitli bölgelerinde, Al, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinin neden olduğu obje bitkide neden olduğu kirlilik boyutunu ve dağılımını tespit etmek, Bişkek'de yukarıda söz edilen ağır metal kirliliğinin tamamen ortadan kaldırılması ya da minimize edilmesi için, çözüm önerileri geliştirerek sunmak hedeflenmiştir. Bu hedeflere ve ya amaçlara ulaşmak için çalışmamız Kırgızistan'ın Bişkek şehrinde Alamedin Nehri boyunca yapılmıştır. Çalışma için seçilen bitkiler Alamedin Nehri boyunca 10 istasyondan toplanmıştır ve bu toplanan bitkilerin kök, gövde ve yaprakları (yıkanmış ve yıkanmamış) ile toplandığı lokalitelerdeki topraklarda bazı ağır metal ve mineral besin elementleri ICP-MS kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Alamedin nehrinin haritası.

2 BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Ağır Metallerle İlgili Genel Bilgiler.

Yoğunluğu 5 g/cm^3 'den fazla olan element metallere, genel olarak “ağır metaller” adı verilmektedir. Suyun yoğunluğunun 1 g/cm^3 olduğunu düşünürsek bu metallerin sudan 5 kat daha ağır olduğunu söyleyebiliriz (Gökhan Orhan, 2016-2017). Bazı kaynaklarda, 4.5 g/cm^3 'den büyük graviteye sahip olan metaller şeklinde de belirtilmektedir. Bunlar yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metallerdir. Bu gruba Bakır (Cu), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), civa (Hg), mangan (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir (Markert, 1993; Kahvecioğlu ve ark., 2001; Anonim, 2017a; Azevedo ve Lea, 2005, Gökhan Orhan, 2016-2017). Bunlardan Cd, Cr, Hg ve Pb gibi doğada bulunan bazı ağır metaller canlıların temel ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olmayıp çok az miktarları dahi toksik etki gösterirler. Bunun yanında Cu, Fe, Mn, Mo, Zn ve Ni gibi bazı ağır metaller canlıların temel ihtiyaç duyduğu mikrobeyinlerin içinde yer alır ve belli bir dozun üzerinde bitkiler için toksik etki gösterebilirler bile eser miktarda mutlaka gereklidir. Bu elementler “iz” veya “eser” elementler olarak adlandırılırlar (Kaynak ve Taşdemir, 2003; Demirezen ve Aksoy, 2006).

Ağır metallerin büyük bir bölümü, çeşitli şekillerde toprakta, suda, havada ve biyolojik organizmalarda birikir. Birikim sonucu, canlıların dünyesinde yoğunlaşan bu elementler, etkili dozlara ulaştıklarında, insanda sağlık problemlerin, ciddi hastalıkların hatta ölümlerin ortaya çıkmasına neden olabilirler (Kargı, 1995; Das ve ark., 1997; Güler ve Çobanoğlu, 1997; Demirezen ve Aksoy, 2006; Farooq ve ark., 2008).

Ağır metaller biyolojik süreçlere etki derecelerine göre yaşamsal (esansiyel) ve yaşamsal olmayan (non-esansiyel) olarak sınıflandırılırlar. Çoğunlukla enzimatik bir tepkimede kofaktör olarak rol oynayan, organizma yapısında belirli bir derişimde bulunması gerekli olan vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunanlar yaşamsal olarak sınıflandırılırlar. Ayrıca belirli bir derişimden (1-10 ppm: part per million/milyonda bir) sonra toksik olarak etki gösterirler (Fe, Cu, Zn, Ni ve Se). Buna karşın, yaşamsal olmayan ağır metaller (Hg, Cd ve Pb), başlangıç derişimlerinden itibaren toksik etki göstermekte ve çok düşük derişimlerde bile psikolojik yapıyı etkileyerek

sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Özellikle Hg ve Cd 0,001-0,1 ppm gibi çok düşük derişimlerde bile toksik olabilmektedirler (Jarup, L. ve Bliefert C, 2014; Gülüzar Özbolat ve Abdullah Tuli, 2016; Gökhan Orhan, 2016-2017).

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin nikel (Ni) bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir. Bu tür organizmalarda metallerin konsantrasyonu dikkate alınmalıdır (Gökhan Orhan, 2016-2017).

Kadmiyum(Cd), alüminyumun (Al), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve (Zn) çinkonun periyodik tablodaki yerleri Tablo II.1.'de gösterilmektedir (Anonim, 2017b).

Tablo 2.1. Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn'nin Periyodik Tablodaki Yerleri

Gruplar																			
1	2	3		4	5	6	7	8-9-10			11	12	13	14	15	16	17	18	
IA	IIA	III B		IV B	VB	VI B	VII B	VIII B			IB	IIB	III A	IVA	V A	VIA	VII A	VII A	
1	H																	2	
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc		22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y		40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	1 *	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	2 *	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uuq	114 Uuq	115 Uuh	116 Uuh	117 Uuh	118 Uuo

Ağır metaller, sadece ortama verilmekle kalmaz, aktif ve pasif hareketlerle hava, su, toprak ve canlı organizmalara da dağılırlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Havaya

yayılan ağır metaller, karasal ortama ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar. Aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

Bitkiler'de biriken ağır metaller, bitkilerin bazen fizyolojik aktivitelerini engelleyerek ya da yavaşlatarak, verimliliklerini azaltmakta ve uzun süreç sonunda da ölümlerine neden olmaktadır. Bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı toleransları; bitkinin türüne, elementin çeşidine, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, ağır metalin çeşit ve miktarı, yararışlılığı, zararın şiddeti ve çeşidi, zarar oluşum sürecinin bilinmesi, bitkilerin gelişimi ve canlılığı açısından önem teşkil etmektedir (Temmerman, 2005; Asri ve Sönmez, 2007).

Ağır metaller, İnsan metabolizmasında, kimyasal reaksiyonlara, fizyolojik ve taşıyım sistemlerine, kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki ettikleri gibi, spesifik ve alerjen etkileri de bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2001).

Günümüzde başta büyük şehirlerde olmak üzere çevre kirliliği giderek daha da endüstrileşen dünyanın en önemli problemlerinden biri haline gelmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde görülen ölümlerin %90'ı çevre kirliliğine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Polat, 2011). Son yıllarda bazı elementlerin üretiminin ve onlara olan gereksinimin artış göstermesi, modern yaşamın geliştiği ve gelişmekte olan ülkelerde bu elementlerin çevreye yayılma olasılığında da artışa sebep olmaktadır. Gübreler, kireç, pestisitler, herbisitler, atık çamur ve maden eritme alanları, otomobil aerosolleri, boya, çöp döküm alanları, kömürün yanması, toprak işlenmesi veya çeşitli faaliyetler sonucunda ortaya çıkan toprakta bulunan ağır metaller için sırasıyla birincil ve ikincil kaynakları teşkil eder (Osma ve ark., 2012; Ozyigit ve ark., 2013).

Ağır metallerin çevreye yayılımının da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Ve bundan başka, tarımda verimi arttırmak için gereğinden fazla gübreleme ve ilaçlama gibi etkenleri, ağır metal kirliliğinin nedenleri olarak sayabiliriz. Aşağıdaki tablodo Ekosisteme karışan toksik ağır metallerin kaynakları gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Ekosisteme Karışan Toksik Ağır Metal Kaynakları (Markert, 1993)

1. Biyosferdeki Partikül ve Dumanlar	<ul style="list-style-type: none">• Fosil Yakıtlar (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, V, U, Pb, Sr, Zn, Ti)• Şehir ve Fabrika (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)• Taşıtlar (Cd, Pb, Mo)
2. Endüstri	<ul style="list-style-type: none">• Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)• Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)• Ağaç İşletmeciliği (Cu, Cr, As)• Rafineri (Pb, Ni, Cr)• Ev aletleri üretimi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
3. Metal ve Maden Sanayi	<ul style="list-style-type: none">• Demir ve çelik Endüstrisi (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)• Metal İşletmeciliği (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Hg, Pb, As)• Metallerin Eritilmesi (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)
4. Tarım	<ul style="list-style-type: none">• Sulama (Cd, Pb, Zn)• Kimyasal ve Hayvansal Gübreler (As, Cd, Cu, Mn, Zn, U)• Kireçler (As, Pb)• Metal Aşınması (Fe, Pb, Zn)
5. Atıklar	<ul style="list-style-type: none">• Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, V, Pb, Zn)• Kazma ve Delmeler (As, Cd, Fe, Pb)• Küller (Cu, Pb)

İncelediğimiz ağır metallerin genel özellikleri, kaynakları ve canlılara olan etkileri her bir metal için, aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

2.1.1. Alüminyumun (Al) ve Biyolojik Önemi

Periyodik sistemin 3A grubunda yer alan alüminyumun simgesi (Al), atom numarası 13'tür. Yerkabuğunun yaklaşık 8'ini oluşturan son derece önemli bir metaldir (Bakar ve Baba, 2009). Yumuşak ve hafif, amfoter ve aktif olması, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, ömrünün uzunluğu, dış etkenlere (korozyon vb.) ve değişik iklim şartlarına karşı dayanıklılığı, kolay şekillendirilebilmesi, düşük bakım maliyetleri, renklendirilebilmesi ve teknolojik açıdan ürün çeşitliliği Al'un alternatif özellikleridir (Alan, 2008). Bu nedenle Al Endüstrinin pek çok kolunda çok farklı ürünlerin yapımında kullanılır ve dünya ekonomisinde önemli bir yeri alır. Yukarıda gösterdiğimiz özelliklerinden dolayı uzay ve havacılık, taşımacılık, inşaat, elektronik ve elektrik, makine ve ekipman sektörlerinde; metal sanayiinde, kimya ve gıda

sanayiilerinde, dayanıklı tüketim aletlerinde; muhtelif ev eşyaları ve mutfak eşyalarında; mobilya, dekorasyon ürünleri, takım ve el aletleri, levha yapımında Al'dan üretilen malzemeler geniş kullanım alanı bulur. Al, zehirleyici ve manyetik değildir (Anonim 2017c).

Kaynaklarda Al'un ticari olarak üretime geçişinin tarihi 100 yıldan biraz fazla olduğu yazılıyor. 1886 yılında Amerikalı Charles Martin Hall ve Fransız Paul Héroult birbirine yakın zamanlarda Al'un elektronik bir prosesle eldesini bulmuş ve 1892'de patent almışlardır. Yine 1892 yılında K.J.Bayer'in, boksitten alümina ve alüminadan elektroliz ile alüminyum eldesi sağlayan yöntemi sayesinde Al'un endüstriyel çapta üretimi çok kolaylaşmıştır. Londra'da bulunan 1893'te yapılmış Eros adlı heykel de Al'dan yapılmış ilk heykellerdendir (Kasaplar, 2007; Saraçoğlu, 2008).

Günümüzde Alüminyum hidrür $[AlH_3]$, Alüminyum oksit $[Al_2O_3]$, Alüminyum klorür $[AlCl_3]$, Alüminyum sülfat $[Al_2(SO_4)_3]$, Alüminyum fosfat $[AlPO_4]$ ve Alüminyum hidroksit $[Al(OH)_3]$ gibi Al tuzları vardır. (T.C. M.E.B, 2008). Bu Al tuzları Tıpta tedavi amacı ile kullanılmaktadır (Tayfur M, 2002). $[Al(OH)_3]$ ve $[AlPO_4]$ gibi Al tuzları zayıf adjuvanlardır, humoral immün yanıtı uyatarak antijene verilen antikor cevabını artırmaktadır (Yurdakök ve İnce, 2008; Clapp, ve ark 2010). Alüminyum karbonat $[(NH_4)_2CO_3]$, $[Al(OH)_3]$ içeren fosfor bağlayıcı ilaçların en sık kullanım alanı kısa süreli hiperfosfatemi tedavisidir (Akpolat, 2001).

Al vücuda oral, parenteral (solunum, deri v.b.) yollarla girer. Bu durumda; mutfak kaplarından, içme suyundan, gıda katkı maddelerinden, aşı adjuvanlarından; oral antiasitler, antidiyareikler, hemoroid preparatları ve bazı antiülser ilaçlar, efervesan tabletler gibi ilaçlardan; parenteral ve diyaliz solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan su, hammadde ve ambalaj materyallerinden; Al işleyen tesislerden alüminyum tozu solunarak alınabilir (Onur, 1997; Yokel ve ark 2008). Al, temas ettiği besinlere de geçebilir. Bu özellik besinin nötr, alkali veya asit oluşuna göre değişir. Al'u yüksek miktarda içeren besinler; işlenmiş peynirler, tahıl ürünleri ve tahıllardan yapılan tatlılardır. Bitkisel besinlerden çay da, yüksek asitli topraklarda yetişmekte ve alüminyum içermektedir. Bebekler için en büyük Al kaynağı ise soya içeren mamalardır (Tayfur ve ark., 2002). Su, Al'u en fazla taşıma potansiyeline sahip etkindir (Bakar ve Baba, 2009).

Al'un makromoleküler biyolojik yapılarıdaki etkilerinin başında oksijen donörleri için olan çekiciliği gelir. Al'un bağlandığı önemli moleküller; fosfat, karboksilat, catecholate, aminler, tiolatlar, aminoasitler, nükleik asitler ve nükleotidlerdir. Al; özellikle AMP, ADP, ATP, 2,3-difosfogliserat, inozitol fosfat, glukoz 6-fosfat gibi metabolizmada önemli olan fosfat bağlı biyomolekülleri etkileyebilmektedir. Birçok biyolojik oluşumda ATP ile Mg²⁺ ile olduğundan daha stabil bir kompleks oluşturarak magnezyumun yerini geri dönüşümsüz olarak alabilmektedir (Günaydın, 2005).

Al'un büyük bir kısmı kemik, akciğer ve çeşitli dokularda depolanır. Al, sağlıklı insanlarda günde yaklaşık 10-40 mikrogram kadarı böbrek yolu ile atılır. Böbreklerden alüminyum atılımı total vücut alüminyumunu dengelemektedir. Ayrıca safra yoluyla da alüminyum atılabilmektedir (Bakar ve Baba, 2009; Pastacı ve ark., 2010).

Al genellikle zararsız bir bileşen olduğunu yukarıda da belirtmiştik; fakat yine de yüksek derişimlerine ya da düşük dozlarına uzun süreli maruz kalındığında sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bu yüzden vücuda fazla Al alınması sakıncalıdır. Yaşamın her safhasında ve birçok alanda karşılaşılabileceğimiz Al'un insan vücuduna etkisi; gastrointestinal, hematolojik, iskelet sistemine ve sinir sistemine etkiler şeklinde sıralanabilir (Yurdakök ve İnce 2008). Al'un en önemli etkisi sinir sistemi üzerinedir. Al'un güçlü bir nörotoksik madde olduğunu gösteren ilk deney yoluyla yapılan çalışmalar aşağıda gösterilmiştir:

1897'de Alman araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda Al'un hayvanlarda patolojik reaksiyonunu araştırırken Al'un bir nörotoksin olduğunu saptamışlar ve bu daha sonra yapılan araştırmalarla da desteklenmiştir. 1965 yılında tavşana yapılan deneyleri, Al ile Alzheimer demansı (AD) arasında ilişki olabileceğini düşündürmüştür (Klatzo ve ark., 1965). 1973 yılında ise AD hastalarının beyinlerinde Al miktarının artmış olduğu gösterilmiştir. Aynı dönemlerde kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda gözlenen diyaliz ensefalopatisi ise bu düşünceleri güçlendirmiştir. İlerleyen yıllarda beynin Al kaynaklı hasara yatkın olduğu ve Al katkı maddeli besinler ile yüksek düzeyde Al olan suların tüketilmesinin AD gelişiminde etkili olabileceği gösterilmiştir (Bakar ve Baba, 2009; Akay ve ark., 2008).

Guam'da nöromotor hastalıkları üzerine yürütülen bir araştırmaya göre Al derişimi fazla olan su, motor nöronların ölümünün sonucu oluşan amiyotrofik lateral sklerozun görülmesini tehlikeli derecede artırmıştır (Bharathi ve ark., 2008). Bu

sonuçlardan sonra başka araştırmacılar Guamania'ların %10'unun, Mariana Adalarındaki yerlilerin ise %15'inin beyin rahatsızlıklarından ölmekte olduğunu görmüşlerdir. Bunun nedenini içme suyunda ve dolayısıyla da yemeklerde bulunan yüksek konsantrasyondaki Al olarak ifade etmişlerdir (Dalton ve ark., 1989). Yüksek düzeyde Al'a maruz kalmak yukarıda da ifade edildiği gibi nörodejenerasyona neden olur.

Al'un sürekli alımıyla; beyin hücrelerinde birikiminin ciddi beyin rahatsızlıklarına neden olduğu, uzun süreli alüminyum içeren antiasit kullanımı sonucu kemiklerde birikmesiyle kemikleşmeye engel olduğu, hemoglobun sentezini inhibe ettiği, devamlı diyaliz tedavisi gören hastaların çoğunda mortalite için risk faktörü olması dahil bazı ciddi rahatsızlıklara neden olduğu saptanmıştır. Bunlar; Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, amiotrofik lateral sklerozis (Lou Gehrig's hastalığı), diyaliz demansı, diyaliz osteomalizisi, mikrositer anemi, eritropoietin tedavisine direnç ve dinamik kemik hastalığıdır (Akpolat ve Utaş, 2001; Onur, 1997; Bhagavan, 2002; Akpolat ve ark., 1994; Günaydın ve Uzun Süreli, 2005; Pastacı ve ark., 2010).

2.1.2 Bakır (Cu) ve Biyolojik Önemi

Dünya üzerinde birçok yerde bulunan bakırın simgesi Cu, atom numarası 29, atom ağırlığı, 63.546 g/mol olan bir geçiş elementidir. Yoğunluğu 8.96 g/cm³, sertliği ise 2.5–3'tür (Boşgelmez ve ark., 2001; Burtis ve Ashwood, 2002; Anonim, 2017c; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Dünyanın bir çok yerinde bulunması nedeniyle, geniş ölçüde üretiminin yapılabilmesi, elektriği diğer bütün metaller içinde gümüşten sonra en iyi ileten metal olması ve endüstriyel önemi yüksek, pirinç (çinkoyla yaptığı alaşım), bronz (çinko ve demir dışı metallerle yaptığı alaşım) gibi alaşımlar yapması, iyi ısı iletkeni olması, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özelliklerine sahip olması, bakırın endüstri ve çeşitli alanlarda kullanımda tercih edilmesini sağlamıştır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Anonim, 2017a; Boşgelmez ve ark., 2001; Kartal ve ark., 2004; Anonim 2017b). Bakır; Cu⁰, Cu⁺¹ ve Cu⁺² değerlikli üç oksidasyon durumu ile bir geçiş metalidir. Ayrıca 5 g/cm³'den daha ağır bir yoğunluğa sahip olmasından dolayı ağır metal olarak sınıflandırılmıştır^{52,53} (Favier A, 1998; Kiaune L, 2011).

Cu – M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın latinesinden cyprium-Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra Cuprum

almıştır. İlk kez Mısırlılar tarafından üretilen bakır, M.Ö. 3000 yılından itibaren (Bronz Çağı) Anadolu, Yunanistan ve Hindistan' da mekanik özellikleri alaşımlandırma yolu ile artırılarak kullanılmıştır. Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir ve dünya bakır rezervlerinin %68' ine Şili, ABD, Sovyetler Birliği, Zambiya, Peru, Zaire ve Kanada; %32'sine ise diğer ülkeler olmak üzere yaklaşık 650x106 ton olarak tahmin edilmektedir. Yıllık üretim miktarı, 14 milyon ton (2001 yılı) civarındadır (Gökhan Orhan, 2016-2017).

Cu elektriği gümüşten sonra en iyi ileten metaldir ve bu yüzden endüstriyel önemi oldukça yüksektir. Cu'nun en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.) değişik amaçlı kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Boşgelmez ve ark., 2001; Kartal ve ark., 2004).

Cu, canlılar için mutlak gerekli bir elementtir. Cu tuzları veteriner hekimlikte antelmintik olarak, tarımda fungusit olarak geniş kullanım alanına sahiptir. Doğaya, maden atıkları, boya, ahşap koruyucular, tesisatlar ve pestisidler gibi yollarla karışmaktadır. (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Cu, solunan havayla, içilen suyla, yenilen yiyeceklerle ya da bakır içeren bileşiklerin deriye teması yoluyla organizmaya alınabilir (Alkış 2011). Cu vücut işlevleri açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. İnsanlarda Cu; amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Cu insan vücudunda tüm organ ve dokularda bir çok enzim ve proteinin yapısında bulunmaktadır. Konsantrasyonları birkaç ppm'den 100 ppm'e kadar değişen miktarlarda bulunabilir. Cu, demirin vücutta düzenli bir şekilde kullanılması için de gereklidir. Cu, karaciğerde, akciğerde, beyinde, kalpde, midede, bağırsağın çeşitli kısımlarında, böbrekde, ve adrenal bezde birikim yapar ve organizmanın bu organlarında yüksek miktarda bulunur (Kartal ve ark 2004; Shorrocks 1984; Ranjan ve ark 2006). Yetişkinlerin, günde 2.0 mg Cu'ya ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. Vücuda fazla miktarda alınırsa, mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve

böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları görülebilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Cu'nun kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yine Çevre Koruma Ajansı'na (EPA-Environmental Protection Agency) göre Cu, içme sularında 1.3 mg/l'den fazla olmamalıdır. Uzun süreli temaslarda baş ve mide ağrıları, kusma ve ishale birlikte ağız, burun ve gözlerde tahrişlere de neden olur (Anonim, 2017d). Cu, küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken, büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle Cu ve bileşikleri, fungusit, antibakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır (Boşgelmez ve ark., 2001; Kartal ve ark., 2004).

Organizmada Cu eksikliği, insanda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyon, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklara neden olur. Bağırsaktan Cu emilimi artarsa "Wilson Hastalığı" görülür (Kabak 2013; Uyanık 2000). Cu, bitki bünyesinde hareketli bir element değildir. Cu+2 ve bakır şelat şeklinde bitkiye geçerler. Cu, bitkide oksidaz enzim aktivasyonunda, karbohidrat metabolizmasında ve bazı proteinlerin yapısında etkili rol oynar. (Boşgelmez ve ark., 2001). Cu miktarının azlığı, bitkide stres, fazlalığı ise klorozis, nekrozis, büyüme inhibisyonu gibi bazı olumsuz etkiler ortaya çıkar (Marschner, 1995). Cu, fotosentetik elektron taşınma, oksidatif strese karşı tepki reaksiyonları, hücre çeperi metabolizması, mitokondrial solunum ve hormon sinyal mekanizmalarında görev yapar (Kartal ve ark., 2004). Cu bitki beslenmesi için eser miktarlarda gerekmede ve daha yüksek konsantrasyonları, hücrelere toksik etki yapmaktadır (Clemens, 2001). İçme sularının depo ve kazanlarının, alglerden ve diğer parazitlerden arındırılmasında ve gıda teknolojisinde Cu bileşiklerinden yararlanır. Bağlarda ve meyve ağaçlarındaki mantar hastalıklarına karşı, fungusit olarak Cu bileşikleri kullanılır (Dökmeci, 1994).

2.1.2. Krom (Cr) ve Biyolojik Önemi

Kromun simgesi (Cr), atom numarası 24, atom ağırlığı 51.996 g/mol, yoğunluğu 7,140 g/cm³, erime noktası 1907 °C (2180 K), kaynama noktası 2671 °C (2944 K) olan bir geçiş elementidir. (Cr), periyodik sistemin 6B grubunda bulunur (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Cr, gümüş gibi parlak, mavimsi beyaz, kolay kırılan sert bir metaldir ve havaya karşı çok dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı, paslanma olasılığı yüksek olan

madenlerin çoğu ince bir Cr tabakası ile kaplanır ve kromlama tekniğinde kullanılır (Hamdy ve Butt, 2013; Anonim, 2017a; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Cr; kayalar, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Ayrıca, çevrede birkaç formu olup, en yaygın olanları Cr₀, Cr₃₊ ve Cr₆₊'dır (Daş, 2012).

Cr, metalurjide sert, dayanıklı alaşımların imalinde ve kimya sanayiinde kullanılır. Cr; demir, nikel, kobalt, volfram ve molibden ile alaşımları vardır. Demir ile olan ferro-krom alaşımına “çelik” denir. Zırh, uçak sanayii, çatal, kaşık, bıçak yapımında kullanılır. %10'dan fazla Cr içeren çeliklere “paslanmaz çelik” denir. %18 Cr ve %8 Ni içeren alaşımlar en çok kullanılan paslanmaz çeliklerdir. Cr, kaplamacılıkta kullanılır. Otomobil tamponu ve kapı kolu gibi parçalar, Cr'la kaplıdır. Elektrik rezistansları da nikel-krom çeliklerinden yapılır. Yakutun kırmızı rengi, zümrütün yeşil rengi ve diğer birçok minerallerin renkleri hep çeşitli kromoksitlerden kaynaklanmaktadır (Anonim, 2017ç).

Cr, suda +3 ve +6 değerlikli hallerde bulunur. Ancak, +3 değerlikli Cr çok nadir rastlanır. Cr⁺⁶ değerlikte ise, kanserojenik özelliktedir. Bu nedenle içme sularının Cr kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda Cr bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucu olabilir (Fernández ve ark., 2013). Cr içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kâğıt ürünlerin yanması sonucunda doğada +6 değerlikli Cr oluşmaktadır. Oksidasyona uğramış olan Cr havada ve saf suda nispeten kararlı iken; ekosistemde bulunan organik yapılarda, toprakta ve suda +3 değerliğe geri redüklenir. Cr kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir döngüye sahiptir. (Daş, 2012).

Cr, doğada “kromit (FeCr₂O₄)” şeklinde bulunur. (FeCr₂O₄), ekonomik olarak işletilen tek Cr mineralidir (Zhou ve ark., 2014). Endüstriyel faaliyetlerde fazla miktarda kullanım alanı bulan Cr; alaşım yapımında, çelik üretiminde, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya fabrikalarında, boyalarda, patlayıcı maddeler, seramik, kâğıt, tuğla ve deri gibi endüstriler ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır (Kushwaha ve ark., 2012; Hamdy ve Butt, 2013; Matsumoto ve ark., 2013).

İnsanlar Cr veya Cr bileşiklerini hava, yiyecek, içecek veya deri ile temas yoluyla almaktadır. Genellikle havada ve suda bulunan Cr seviyesi düşüktür. Cr, birçok bitki, mesela; yerfıstığı, maya, üzüm suyu, yumurta sarısı, peynir ve bu gibi besinlerin yapısında doğal olarak bulunmaktadır. Ayrıca, et, tavuk, buğday, yulaf, pirinç ve patates de Cr minerali bakımından zengindir. Bu nedenle, insanlar Cr'un önemli bir kısmını bu yiyecekler yoluyla almaktadır. Cr, Kandaki şekeri hücrelere transfer eder ve kemiklere faydalıdır (Amusan ve ark., 2005; Anonim, 2007ç).

Bitki metabolizmasında esansiyel rol oynadığına dair yeterli bir kanıt bulunmama ile birlikte, Cr'un düşük seviyelerde bitkiye pozitif etkisinin olduğu düşünülmektedir. Cr toksisitesi, bitki kök yaralanmalarına, genç yapraklarda ise klorozise yol açar (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001).

İnsanlar için trivalent krom (Cr^{3+}) esas elementtir. Cr^{3+} , nisbeten daha az toksik ve lokal veya yaygın sisteminin bir etkisi olmayan ve gerekli olan Cr şeklidir. Hegzavalent krom (Cr^{6+}) ise toksiktir. Cr^{6+} 'nın hava yoluyla vücuda alınması sonucu; burun akmaları, burun kanamaları, kaşıntı ve üst solunum yollarında delinmeler görülmektedir. Ayrıca Cr karşı alerji gösteren insanlarda da astım krizleri görülmektedir. Cr^{3+} ile yapılan testlerde de deney hayvanları üzerinde herhangi bir negatif etki gözlenmemiştir. Cr^{3+} , oksidant değildir, tahrip edici değildir, hücre zarına geçmez. Ancak Cr^{6+} için böyle bir durum söz konusu değildir. Çünkü Cr^{6+} hücre zarından kolaylıkla geçerek. Cr^{6+} bileşiklerinden en yaygın olanı kromik asit (CrO_3)'tir ve CrO_3 banyoların, laboratuvar cam malzemelerinin ıslatılmasında ve temizlenmesinde kullanılmaktadır (Janssen ve ark., 2012).

Düşük seviyelerde Cr'a maruz kalınması durumunda, deride iritasyon ve ülser meydana gelir. Uzun süreli maruz kalınması durumunda ise, böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabilir, ayrıca kan dolaşım sistemi ve sinir sisteminde de problem çıkabilir. Cr daha çok sulu ortamlarda birikerek çoğalır. Dolayısıyla yüksek seviyelerde kroma maruz kalmış balık yemek de oldukça tehlikelidir (Pal ve ark., 2012).

2.1.4. Kurşun (Pb) ve Biyolojik Önemi

Kurşun; simgesi Pb, atom numarası 82, atom ağırlığı 207,2g/mol, yoğunluğu 11,340 g/cm³, erime noktası 327,46 °C (600,61 K), kaynama noktası 1749 °C (2022 K) olan bir elementtir. Pb, periyodik sistemin 4A grubunda bulunur. Rengi mavimsi-beyaz

ve parlak olmasına rağmen, atmosferde yüzeyi karbonatla kaplanarak kararır. Pb, doğada bulunan PbS (galen) ve PbCO³ (seruzit) filizlerinin işlenmesi ile elde edilir. PbO, Pb³O⁴, PbO³ ise başlıca Pb oksitleridir (Burtis ve Ashwood, 2002, Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007; Topcu, 2009).

Pb yer kabuğunda ve biyosferin hemen her yerinde doğal olarak bulunan bir elementtir. Pb, günümüzde çok yoğun bir şekilde kullanılan bir metaldir. Pb büyük çoğunluğu insan faaliyetleri sonucu çevreye yayılmaktadır ve bunun neticesinde insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır (Nagajyoti, 2010). Pb su, toprak ve havadan doğal, kimyasal veya fiziksel yollarla çevrilebilmektedir (Nagajyoti, 2010). Pb yüzeysel akarsulara ya da yeraltı sularına çok az katılmakta olup, büyük oranda toprakta tutulmaktadır (Bakaç ve Kumru, 2000). Toprağın doğal elementlerinden olup, yaklaşık olarak toprakta kilogramda 16 mg miktarında Pb bulunur (Nagajyoti ve ark., 2010; Rao ve ark., 2011). Pb doğada organik ve inorganik yapıda bulunmaktadır. İnorganik Pb atmosferde partiküller halinde bulunmakta, organik Pb ise uçucu olup çoğunlukla gıda maddesi ve içme suyuna karışmaktadır. Bu nedenle organik Pb, inorganik Pb'a göre canlı yaşamında daha fazla öneme sahiptir (Okcu ve ark., 2009).

Pb, toprağa ve atmosfere çeşitli yollarla geçmektedir. Pb; maden ve metal endüstrilerinde, otomobil akülerinde, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisinde, kaplama, bilimsel ve optik aletlerde, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımında, ayrıca egzoz gazları, sigara külü, akümülatör, şehir su şebekesi, kauçuk üretiminde, matbaacılık, pestisid, çeşitli çocuk oyuncaklarında ve Pb'lu benzin yakıtlarında kullanılır (Sawidis ve ark., 2011). Kurşun oksit(PbO) ve kurşun sülfür (PbS) makyaj malzemeleri yapımında da kullanılır (Boşgelmez ve ark., 2001).

Değişik fiziksel ve kimyasal kombinasyonlarıyla Pb; yumuşak olması, işlenme kolaylığı, yüksek özgül ağırlığı ve yüksek kaynama noktası, düşük erime noktası, aşınmaya karşı direnci, enerji absorpsiyonu ve kısa dalgaboylu ışınları geçirmeme özelliklerinden dolayı, sanayide birçok alanda kullanılmaktadır. (Gündüz, 1994). Pb, organizmada biyokimyasal ve fizyolojik görevi olmayan toksik bir metaldir. Atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan ve her durumda toksik özellik taşıyan en önemli ağır

metal olan kurşun WHO'ya göre 2. sınıf kanserojen bir metaldir (Anonim, 2017e). Çevreyi kirleten en önemli Pb kaynağı ise, hava ile taşınan Pb. Yapılan çalışmalar sonucunda, çevre kirliliğine sebep olan Pb'un %98'inin egzoz gazlarından kaynaklandığı da tespit edilmiştir (Sangani ve ark., 2010; Wiseman ve ark., 2013). Çevre kirliliğine neden olan Pb'un büyük bölümü motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanması sonucu ortaya çıkan tetra etil kurşundan kaynaklanmaktadır (Chen ve ark., 2010; Xia ve ark., 2010; Duong ve Lee, 2011).

Pb, hem solunum yolu ile hem de Pb'la kirlenmiş toprak aracılığıyla gıda ve su ile vücuda girebilir. Vücutta Pb birikimi ile; iştahsızlık, karın ağrıları, kabızlık gibi gastrointestinal; IQ skorlarında azalma, duyu ve motor sinir iletim hızında yavaşlama, saldırgan ve antisosyal davranışlar, zeka geriliği, hafıza kaybı, öğrenme sorunları gibi nörolojik; yüksek tansiyon, hemoglobin biyosentezinde aksama gibi hematolojik anomaliler ortaya çıkmaktadır. Pb'la teması olanlarda aşırı iskelet zedelenmesi, kemik tümörleri, osteoporoz gibi bozukluklar ve birçok renal problem de görülmektedir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001; Özmert, 2005).

Pb'un kemiklerin haricinde; kıl, saç folikülleri, periferik sinir sistemi, çizgili kaslar, karaciğer, böbrek, tırnak gibi çeşitli organ ve yapılarda birikir. Kurşunun "hem" sentezinde görev alan enzimleri inhibe etmesine bağlı olarak anemi ortaya çıkmaktadır. Absorbe olan kurşunun letal dozu 0.5gr kadardır. Solunan havadaki maksimum kurşun konsantrasyonu 0.15mg/m³, gıda maddelerindeki maksimum konsantrasyon 256mg/kg'dır. Başağrısı, bağırsak rahatsızlığı, kabızlık, sinirlilik, halsizlik, çabuk yorulma, uyku bozuklukları, bulantı ve kusma kurşun intoksikasyon göstergelerindedir (Yeşilleyen, 1996).

Kurşunun topraktan çıkarılması ve bileşiklerin elde edilmesi sırasında vücuda toz, duman ve buharın ortama yayılması halinde, solunum, ağız ve cilt yoluyla girer. Sindirim yoluyla organizmaya giren kurşun idrarla atılır. Vücutta solunumla giren kurşun, üst solunum yolundan emilir. Dolaşım sistemine karışan kurşunun % 90'ından fazlası eritrositlerle (alyuvarlarla), değişik organ ve dokulara taşınır. Vücutta giren kurşunun az bir miktarının; dışkı, tırnak, saç ve diş kaybı gibi yollarla atıldığı bilinmektedir (Bertan ve Güler, 1995). 1972 yılında, Ulusal Bilimler Akademisi (National Academy of Science), havaya yayılan kurşunun çocuklar için zararlı olmadığını bildirmesine rağmen, 1975 yılında El Paso'da (Texas), bir kurşun eritme

tesisine yakın yaşayan çocuklarda kan kurşun düzeyleri en az 40 µg/dl bulunmuş ve ciddi IQ düşüklüğü saptanmıştır (Özmert, 2005). Tabiatla kurşun biriktiren bitkilerde, topraktaki ve bitkideki Pb konsantrasyonları arasında bir korelasyon olduğu için, bu bitkiler ekosistem sağlığı için indikatör olarak kullanılabilirler (Aksoy ve Öztürk, 1997). Motorlu araç egzozlarından çıkan gazlar, yol çevresindeki topraklarda kurşun kirlenmesine yol açtıklarından, yola 2 km ve daha yakın bitkilerin, bu elementten zarar gördükleri gözlenmiştir. Yoğun trafik akışının olduğu bir yol kenarında yoldan 50–100 m uzakta bulunan toprak yüzeyinde kurşun biriktiği tespit edilmiştir (Gündüz, 1994).

2.1.5. Nikel (Ni) ve Biyolojik Önemi

Nikel, simgesi Ni , atom ağırlığı 58.69 g/mol ve atom numarası 28 olan, parlak gümüş renkli bir geçiş elementidir. (Anonim, 2017f; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007) Sert bir ferromanyetik olan Ni metali, nitrik asitte (HNO_3) çözünebilirken, seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte (H_2SO_4) az oranda çözünebilmekte, sıcak-soğuk su veya amonyakta ise hiç çözünürlük göstermemektedir (Li ve ark., 2014). Saf nikel, alkali pil, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıs, elektrik fişi, makine parçaları ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır (Kartal ve ark., 2004). Ni yakıt yanmasıyla, madencilik ve kentsel atıkların külleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Lağım karışmış toprakta ve sigarada da nikel bulunmaktadır. Ni tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirler atılması bu bulaşmada önemli rol oynar (Metin ve Özkar, 2011).

Ni bileşiklerinin kanserojen ve deride alerjik etkisi olduğu gibi, solunum sistemini etkileme özelliği vardır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Kartal ve ark., 2004). Ni alerjisi, erkeklere göre kadınlarda daha sık görülür. Ni alerjisi, ellerde egzamanın ortaya çıkmasına da sebep olur. Bu, kapı kolu, musluk (paslanmaz çelikler hariç) ve bozuk para gibi Ni içeren birçok madde ile temas edilmesinden dolayıdır. Mücevher taklitleri, metal kaplı mutfak aletleri, parlak kapı kolları, fermuar, toka, örgü şişleri, gözlük çerçeveleri, düğme ve paralar Ni içerir. Beyaz altın, platin ve sarı altın ve gümüşlerde Ni bulunabilir. Çamaşır suyu, saç boyaları ve bazı gıda maddelerinde de Ni bulunmaktadır. Çikolata, bezelye, mercimek, ceviz, ayçiçeği çekirdeği bol miktarda Ni içermektedir. Bu tür yiyecekler, Ni alerjili kişilerde egzamanın daha da kötüleşmesine neden olabilir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

“İnsanlarda Ni Karsinojenleri Üzerine Uluslararası Komite (ICNCRM)” tarafından 1990’ da yayımlanan bir raporla (Doll R. ve arkadaşları, 1990) ilgili olarak “Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC)” aşağıdaki kararları vermiştir.

- ✓ Ni sülfat (NiSO_4) ve nikel sülfür (Ni-S) bileşikleri ile akciğer ve geniz kanseri arasında bir ilişki için yeterli kanıt vardır.
- ✓ Ni ve nikel alaşımları ile ilgili olarak benzer bir ilişki için yeterli kanıt henüz yoktur.
- ✓ Metalik Ni, alaşımları ve çeşitli Ni tuzlarını içeren Ni bileşiklerinin karsinojen olmasına ilişkin hayvansal deneylerde sınırlı kanıt vardır.

Ni-bakır rafinelerinde çalışanlar arasında, nikel maruz kalan kişilerin, sağlıklı insanlara göre burun ve akciğer kanserine yakalanma riski daha fazladır. Nikel karbonilla zehirlenmede baş ağrısı, baş dönmesi, kusma, göğüste sıkışma, öksürük, soğuk ter, bilinç kaybı gibi semptomlar görülür (Boşgelmez ve ark., 2000).

2.1.6. Çinko (Zn) ve Biyolojik Önemi

Mavimsi açık gri renkte, kırılğan bir metal olan Çinko, simgesi Zn, atom ağırlığı 65.39 g/mol ve atom numarası 30 olan gümüş renkli bir geçiş elementidir. Zn, Kimyasal yönden aktif olduğu ve diğer metallerle kolay alaşım yapabildiği için, endüstride birçok alaşım ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır (Boşgelmez ve ark, 2001; Burtis ve Ashwood, 2002; Anonim, 2018a; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan, kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak da kullanılmaktadır, Zn bileşiklerinden çinko oksit (ZnO), boya olarak kullanılır, çinko sülfat (ZnSO_4), dezenfektan madde olarak kullanılır (Boşgelmez ve ark, 2001; Kartal ve ark., 2004).

Zayıf bakterisit ve fungusit etki gösteren bileşiğin % 0.1-1’lik çözeltisi, göz; %4-5’lik çözeltisi cilt antiseptiği olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kibrit yapımında, kauçuk, merhem ve kozmetiklerin yapımında, plastik, sabun, baskı mürekkebi, ilaç, floresan ışık ve kuru pil üretiminde, metal para yapımında, otomotiv endüstrisinde, pirinç, nikelli gümüş, lehim vb. alaşımların elde edilmesinde tıpta ve ağaç eşyaların korunmasında kullanılır (Boşgelmez ve ark, 2001).

Biyolojik yönden ise; gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik işlemler için gereklidir (Anonim, 2018a) Zn, kan harici dokularda ve vücut sıvılarında rastlanan en yaygın metal iyonudur (Kartal ve ark., 2004). Aşırı Zn alımında; iştah ve bağışıklık sistemi aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi, kolesterolün yükselmesi, uyumsuzluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, böbrek yetmezliği, karın ağrısı, bulantı ve kusma gibi sorunlar da bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2001; Burtis ve Ashwood, 2002; Anonim, 2018a Kartal ve ark., 2004).

Zn, insan vücudunda saç, tırnak, karaciğer, böbrek, beyin ve akciğer gibi bir çok organda birikmektedir (Gerhardson ve ark., 2002). Zn, eksikliği, Down sendromu, enfeksiyon ve tiroid bezi işlev bozukluğu gibi patolojik hastalıklarda kritik rol oynayabilmektedir (Yenigün ve ark., 2004). Birçok epidemiyolojik çalışmalarda, çinko eksikliği kanser olma riskiyle ilişkilendirilmektedir (Memon ve ark., 2007).

Zn, hücre yapımında, doku rejenerasyonunda önemli rol oynadığı gibi, Süperoksit dismutaz (SOD) enziminin yapısında da rol oynar yani insan vücudunda 200'den fazla enzim ve birçok hormonun sentezinde rol alır. (Prasad, 1995; Memon ve ark., 2007).

Zn, yaraların iyileşmesinde, davranış ve öğrenme performansının artışında, cilt sağlığında, tırnak ve saçların güçlenmesinde de çinkonun etkisi vardır (Prasad, 1995). Zn'nun organizma yapısındaki etkin rolünden dolayı da, eksikliğinde insan ve hayvan sağlığının olumsuz etkilenmesi sözkonusudur.

Bitki metabolizmasında ise; çinko eksikliğinde yaprak damarları arasında klorozis ortaya çıkar. Meyve ağaçlarında yaprak oluşumu olumsuz etkilenir ve sürgünler ölür, tomurcuklar azalır. Zn, eksikliğinde asma yaprakları küçük kalırken, ceviz ağaçlarının yaprakları sararır. Zn eksikliğine her bitkinin duyarlılığı farklı olmaktadır. Meyve ağaçları özellikle turuncgillerde çinko eksikliği sık görülmektedir. Mısır, soya, pamuk, fasulye, patates ve soğan çinko eksikliğine duyarlıdır. Toprakta, Zn konsantrasyonu fazla olduğu zaman bitkide kök gelişimi azalır, fosfor ve demir alımı azalır (Boşgelmez ve ark., 2001).

Zn bitki bünyesinde bazı enzimlerin aktivasyonunu sağlar. Zn içeren RNA polimeraz enzimi Zn eksikliğinde inaktif olur ve RNA sentezi geriler. Bitkide azot metabolizmasında da etkili olan Zn, eksikliğinde protein sentezi azalır ve amino asit birikimi görülür. Aynı zamanda Zn, nişasta oluşumu, oksin aktivitesi ve tohum olgunlaşmasında da etkilidir (Boşgelmez ve ark., 2001). *Ceratophyllum demersum* L. (Ceratophyllaceae) bitkisinde yapılan çalışmalarda Zn'nun, Cd toksisitesine karşı antagonist rol oynadığı açıkça görülmektedir. Artan konsantrasyonlarda Cd tatbik edilen bitkilerde, Cd akümülyasyonunun %26 azaldığı görülmüştür. Örneğin, Zn eklenen bitkiler kadmiyuma tabi tutulduğunda klorofil düzeyi korunmakta ve hatta artış göstermektedir (Aravind ve Prasad 2005).

2.2 Bitki Mineral Elementleri ve Biyolojik Önemleri

Bitkiler büyüme ve gelişmelerini sürdürebilmeleri için esansiyel elementler adı verilen bazı elementlere mutlak ihtiyaç duyarlar. Bu elementlerin eksikliği bitkide yaşam döngüsünde veya fizyolojik sistemlerinde çeşitli aksaklıkların ortaya çıkmasına neden olur (Epstein, 1999). Bitki fotosentez ve birçok metabolik olaylar gibi hayati fonksiyonları yerine getirebilmesi için gerekli tüm materyali esansiyel mineral elementlerin varlığında gerçekleştirebilir. Bu sebeple bitki yapısında bulunan inorganik mineral elementler besleyiciler veya besin mineral elementleri olarak adlandırılmaktadırlar. Bitkilerde besin elementi içeriklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Kaçar ve Katkat, 2007).

Bitkilerin kullandığı besin maddeleri kullanım miktarına göre makro ve mikro besin maddeleri olarak gruplandırılır. Makro besin maddeleri azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve sülfür (S)'dür. Bitkiler bu besin maddelerini mikro besin maddelerine göre daha fazla miktarda ihtiyaç duyarlar. Örneğin, K hücrede ozmotik basıncın düzenlenmesinde ve bazı enzimlerin aktifleştirilmesinde etkili olur. Yeterli oranda K içermeyen çözültide yetiştirilen bitkilerde, büyümenin azaldığı, yaprakların doğal rengini kaybettiği ve sarardığı gözlenir. Mg bitki hücrelerinde solunum ve fotosentezde görevli enzimlerin aktifleşmesinde rol oynar. Klorofil pigmentlerinin yapısına katılır. Mg eksikliğinde protein sentezi yapılamaz. Yaprak damarları arasında lekelenmeler olur. Yapraklar solar, kıvrılır, kurur ve erken dökülür (Anonim, 2018a; Anonim, 2018b).

Mikro besin elementleri ise, demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), bor (B), molibden (Mo)'dir (Anonim, 2018b; Tucker, 1999). Sodyum (Na) ve klor (Cl) elementlerinin ise bazı bitkiler için gerekli olduğu düşünülmektedir (Tucker, 1999). Bu elementlerin arasındaki dengenin bozulması bitkide kimyasal bir strese neden olabilir. Mikro ve makro elementler, bitki gelişmesinde ve büyümesinde çeşitli görevleri yaparlar (Anonim, 2018b; Anonim 2018c). Örneğin, Fe Bitkilerde çok az oranda bulunmasına rağmen klorofil sentezinde rol oynar ve sitokromların yapısına katılır. Fe eksikliğinde, klorofiller sentezlenemediği için yapraklar sararır. Zn Birçok enzimin aktifleştirilmesinde ve klorofilin sentezinde rol oynar. Zn eksikliğinde bitki fazla büyüyemez. Küçük ve bozuk şekilli olan yapraklar oluşur (Anonim 2018c).

Tablo 2.3.Bitkiler için az miktarda da olsa gerekli olan bazı mikro elementler (Anonim,2018c)

Bitkiye Gerekli Mineral Elementler (besinler)			
Makro besinler		Mikro besinler	
Başlıca katyonlar	Başlıca anyonlar	Demir (Fe)	Florür (F)
Kalsiyum (Ca)	Fosfor (P)	Çinko(zn)	Vanadyum(V)
Magnezyum (Mg)	Potasyum (K)	Manganez(Mn)	Krom (Cr)
Nitrojen (N)	Sülfür (S)	Bakır (Cu)	Molibden(Mo)
		İyot (İ)	Selenyum (Se)
		Kobalt (Co)	Kalay (Sn)
		Nikel (Ni)	Silikon (Si)

2.3. Ağır Metal Kirliliğinde Bitkilerin Biyomonitör Olarak Kullanılması

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak dünya şehirlerinde hızla sayısı artan motorlu taşıtlar, havaya saldıkları egzoz gazları nedeniyle en önemli kirliliğe sebep olan kaynaklar arasında sayılmaktadır. Karasal tüm motorlu araçlar, deniz taşıtları ve uçaklar kullandıkları petrol ve türevlerini yakıt olarak kullanması sonucunda havaya çeşitli gaz (CO, CO₂ ve azot oksitler gibi) ve toz yapısındaki kirliliğe sebep olan partiküllerin (Pb içeren moleküller ve çeşitli hidrokarbon içeren yapılar) salınımına sebep oldukları için ortam havasının kalitesini etkilerler (Kılınç ve Kutbay, 2008). Dünyada gün geçtikçe ulaşımda kullanılan araçlardan kaynaklanan hava kirliliği de artmakta ve bu durumdan çevre olumsuz yönde etkilenmektedir. 50 ülkede gerçekleştirilen gözlemlerden elde edilen veriler hava kirliliğine sebep olan maddelerin birçok şehirde insanların Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün ortaya koyduğu sınır

değerlerini aşan ağır metal miktarlarına maruz kaldıklarını göstermektedir (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Ağır metal kirliliğinden dolayı sadece yüzey ve yeraltı suları, toprak ve hava kirlenmekle kalmamakta aynı zamanda besinler de bu toksinlerin taşıyıcısı olarak ekosistemlerdeki yerini alarak büyük oranlarda kontaminasyona yol açmaktadır (Ozaki ve ark., 2004; Suzuki ve ark., 2009; Petrova, 2011). Günümüzde, doğrudan kirlenme etkisi altında olmayan ortamlarda bile, özellikle metal tuzlarına ve petrol kalıntılarında rastlanmaktadır (Furlani ve ark., 2014). Bu nedenlerle ekosistemlerde ağır metal birikiminin yakından izlenmesi gerekir. Birçok endüstrileşmiş ülke, bu konu ile ilgili olarak değişik izleme programlarını takip etmektedirler. Son yıllarda geniş alanlar üzerinde etkili olabilen ve ağır metal birikimlerini gözlemleyebilecek biyolojik monitörlerle yapılan araştırma metodları geliştirilmiştir (Osman ve Kloas, 2010).

Biyosferin belirli özelliklerini belirlemek için kullanılan canlılara “biyoindikatör” ya da “biyomonitör” canlılar denir (Markert, 1993). Biyoindikatör, çevresel değişimlerin kalitesini veya çevresel bilgi sağlayan tüm organizmaları ifade ederken biyomonitör ise, çevrenin kalitesinde nicel bilgiler sağlayan organizmalar olarak ifade edilir (Markert, 1993; Wolterbeek, 2002). Biyomonitör obje olarak ekosistemlerdeki mikroorganizma, hayvan ve bitki türleri kullanılabilir gibi insanlardan alınan saç, deri, tırnak gibi örnekler dahi kullanılabilir (Yasar ve Ozyigit, 2009). Yine birçok araştırmacı biyomonitör canlıları “çevrenin kirlenip kirlenmediği hakkında bilgi veren organizmalar” olarak tanımlamışlardır (Tingey, 1989; DeCaprio, 1997; Kamrin, 2004).

Biyomonitör olarak kullanılacak bitki türlerinin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir: toplama alanında yoğun dağılım göstermelidir; geniş coğrafik alanda yayılım göstermelidir; örneklenmesi ve sistematik anlamda tanınması kolay olmalıdır; genetik kimliğinin varyasyonları olmamalıdır; yetiştirilmesi kolay olmalıdır; standart analiz metodlarına uygun olmalıdır; ağır metalleri ortamdan alabilmelidir; ve pestisit ve hastalıklara karşı kontrol problemleri olmamalıdır (Markert, 1993; Wolterbeek, 2002; Anonim, 2018d). Ekonomik ve örneklemeleri kolay olduğu ve ayrıca büyük bir ekipman gerektirmediği için yüksek yapılı bitkiler biyomonitör organizma olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Memon ve ark., 2001). Bitkiler tarafından kullanılan mikro- yada mikrobeyin sınıfı

içerisine girmeyen ağır metallerin (Cd, Hg ve Pb gibi) eser miktarda bile bitkilerde bulunması bir kirlenme işaretidir. Cu, Fe, Ni ve Zn gibi bazı ağır metaller için eser miktarda gereklidir ve belli bir eşik değerinin üzerinde bitkide bulunması yine kirliliğin göstergesi olarak kabul edilir (Foy ve ark., 1978).

Son yıllarda hızlanarak artışı devam eden endüstrileşme ve kentleşme ağır metal kirliliğinin önüne geçilmesindeki en büyük problemlerden biridir. Ağır metal kirliliği bilimsel çerçevede derin araştırmalara konu olmaktadır ve bu araştırmaların ortaya çıkardığı sonuçlar ve çözüm önerileri kamuoyuyla paylaşılmaktadır (Osma ve ark., 2012; Ozyigit ve ark., 2013). Son yıllarda birçok endüstrileşmiş ülkede bu konu ile ilgili değişik izleme programları oluşturulmuştur.

2.3.1. Kırgızistan'da Yapılan Bazı Çalışmalar

Bu konuda yapılan çok sayıda araştırma dünya literatüründe bulunmaktadır ve Kırgızistanın bölgelerinde yapılan konu ile ilgili çalışmalardan bazıları aşağıda literatür bilgisi olarak verilmektedir. Kırgızistan'da ağır metaller hakkında çalışmalar bulunmakta olup bunlardan bazıları şunlardır. Jalilova Aynagül (2008) Çu bölgesinde Çu ırmağında gerçekleştirilen ekoloji-biyojeokimyasal çalışmada Pb miktarlarını incelemiş ve bu bölgenin suyunda ve toprak üst kısmı ile vejetatif fazında ortalama Pb miktarının göreceli olarak hafif yüksek çıkmasına rağmen normal sınırlar içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bu bölgedeki başka bir alanda *Artemisia tianshanica* Krasch. ex Poljak ile yapılan analizlerde Pb miktarı yaklaşık 120 mg/kg DW olarak bulunmuş ve bunun normal değerlerden 80 kat fazla olduğu görülmüştür. Borbieva ve Sıdıkova, Kırgızistan'ın Çüy, Talas, Isık Göl, Jalal Abad ve Batkenin bölgelerinde toprakta bulunan ağır metallerin ve minerallerin analizi yapmışlardır. Sonuç olarak Alamedin ilçesinin Baitik ve Talas ilçesinin Çatbazar köy topraklarının Pb ve Cd açısından yüksek miktarlar içerdiği tespit edilmiştir. Batken ilçesinin Bulak Başı köy toprağının Pb, Ni, Cr, Zn, Sb, As ve P metalleri açısından çok yüksek miktarlar içerdiği bulunmuştur. Bunun sebebinin ise bu ilçede bulunan Hg ve An atık depolama tesislerinin varlığı olduğu kanaatine varılmıştır. Kuldabaev (2012), Batken ilçesinde Haidarkan'daki civa tesisinin bulunduğu bölgenin toprak ve sediment yapısı ağır metal içeriği açısından incelenmiş ve Pb, Cd, Cu, Cr, As, Zn, Ni ve Hg miktarlarının normal seviyeden çok yüksek olduğu tespit edilmiş ve bu bölgenin tarımsal faaliyetler ve insan yaşamı açısından son derece tehlikeli olduğu bulunmuştur. Djenbaev Bekmamat ve

İmatalı kızı Kalıskan (2015), Haidarkan'ın Modern Ekolojik Biyojeokimyasal Durumu çalışmasında Haidarkan bölgesinde özellikle civa tesisinin yakınında bulunan alanlarda çalışılan toprağın üst kısmı ve bitkilerin bazı ağır metal (Pb, Cu, Zn) içeriklerinin yüksek olduğunu tespit edilmiştir. Severoglu ve ark. (2015) tarafından Bişkek'te yapılan çalışmada *Juniperus virginiana* model organizma olarak kullanılarak hızlı nüfus artışı ve kontrolsüz gelişimin sonucu olarak ortaya çıkan ağır metal kirliliği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada Cr, Cu ve Zn değerlerinin bütün lokasyonlarda normal sınırlar içerisinde fakat bütün lokasyonlarda Cd, Fe ve Pb'nin normal sınırların üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Dinara Yunusova (2016), lisans tez çalışmasında, Kırgızistan'da tüketilen bazı tıbbi bitki türlerinden olan *Althaea officinalis*, *Artemisia absinthium*, *Centaurea cyanus*, *Juniperus communis*, *Peganum harmala*, *Rosa majalis*, *Rumex confertus*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense* ve *Urtica dioica*'yı kullanarak ağır metal kirliliğinin tespiti yapılmış ve çalışma sonucunda Kırgızistan'nın farklı bölgelerinden toplanan tıbbi bitkilerde en düşük ve en yüksek bazı ağır metal birikimleri (mg/kg DW cinsinden) sırasıyla belirtilen aralıklarda bulunmuştur: Cd için 0.287-0.732; Cu için 42.768-101.644; Fe için 312.929-1,000.793; Ni için 4.927-21.490; Pb için 14.224-45.205 ve Zn için 53.960-136.738. Çalışmada, Ni (*T. officinale*'de hariç) ve Cu içeriklerinin bütün bitkilerde (*T. officinale*'de hariç) normal limit değerlerinin üzerinde olduğu ve hatta Pb'nin bütün bitkilerde toksik değerlere ait sınırlar içerisinde bulunduğunu gösterilmiştir. Sonuçlara göre çevre kirliliğinin ya bitkilerin toplandığı bölge için bir gerçek olduğunu veya bölgenin toprak yapısı itibari ile ağır metaller açısından zengin olduğunu söylenebilir. Bu sebeple, Kırgızistan'dan toplanan tıbbi amaçlı kullanılan bitkilerin tüketiminin insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri olabileceği bu çalışmanın sonucunda ortaya çıkarılmıştır.

2.3.2. Yurtdışında Yapılan Çalışmalar

Yurt dışında ağır metallerle ilgili çalışmalar çok sayıda ve sadece belli yerlerde değil her yerlerde bu gibi çalışmalar bulunabilir. O çalışmalardan bazıları aşağıda verilmektedir. *Taraxacum officinale* toprak üstü kısımları ve bu örneklerin toprak örnekleri Polonya'da doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında şehri kesen iki yol boyunca toplanarak, bazı ağır metal elementlerinin (Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonlarını belirlenmiş ve bu elementlerin mobilitelelerini inceleyerek bu tür bitkinin ağır metallerin bir alandaki dağılımlarını ve kontaminasyon seviyesi ölçmek

için uygun bir biyomonitör görevi yapabileceği gösterilmiştir (Krolak, 2003). Daha bir ilgimizi çeken çalışmada, *Triticum aestivum* (buğday), *Hordeum vulgare* (arpa), *Secale cereale* (çavdar), *Avena sativa* (yulaf) *Pisum sativum* (bezelye) ve *Phaseolus vulgaris* (fasulye) türleri 4 yıl boyunca Cu'ya maruz bırakılarak yetiştirilmiş ve bu türlerin yaprak, kök ve gövdelerinin Cu için bir biyomonitör organizma olarak kullanılıp kullanılmayacağına karar verilmiştir (Korzeniowska ve Glubiak, 2003). Diğer çalışmada *Taraxacum officinale* ve *Plantago lanceolata* örnekleri 50 farklı bölgeden Cd, Pb ve Zn miktarları tespit etmek için toplanmış ve aynı anda bu iki türdeki belirlenen metal miktarları karşılaştırılmıştır (Zupan ve ark., 2003). *Aesculus hippocastanum* ve *Tilia amurensis* ağaçlarının Belgrad (Sırbistan) da kent merkezindeki parklarında yetişenlerini kullanarak Cd, Cu ve Pb elementlerinin miktarları analiz edilmiş ve bu analizin sonucu olarak *Aesculus hippocastanum* türünün ağır metallerin miktar tespitinde daha iyi bir biyomonitör olduğu tespit edilmiştir (Tomasevic ve ark., 2004). *Citrus aurantium* meyveleri kullanılarak ağır metallerin analizi gerçekleştirilmiş ve yıkama işleminin metal birikimine etkisi araştırılmıştır ve tür örnekler Sevilla (İspanya) ve Palermo (İtalya) da yetişen türlerdenmiş (Oliva ve Valdes, 2003). Yine ilginç bir ağır metall tespitine ait olan ve İspanya'da gerçekleştirilen çalışmada *Populus alba* ağacının yaprak ve gövdeleri kullanılarak bir de onlar 25 (maden yatağı bulunan bölgelerden) ile kontamine olmamış 10 (Guadiamar nehri yakınlarındaki ormanlardan) toplanmış ve As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn metallerinin toprak ve havadaki içeriklerini tespit etmek için kullanılmıştır (Madejon ve ark., 2004). Oliva ve Valdes (2004), *Nerium oleander*, *Ficus microcarpa*, *Ligustrum lucidum* ve *Duranta repens* süs bitkilerin yapraklarını yıkanmış ve yıkanmamış olarak airt ederek Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Ni, Pb, V ve Zn metallerinin miktarlarını belirlemişler ve ölçmüşler sonucunda yıkanmış ve yıkanmamış yapraklar arasında önemli derecede konsantrasyon farklılıkları olduğunu tespit etmişlerdir. Yang ve ark. (2005), *Vetiveria zizanioides* ve iki leguminosae türü *Sesbania rostrata* ve *S. sesban*'ı kullanarak Pb ve Zn kontaminasyonu neticesinde bu bitkilerin ortaya koyduğu büyüme performanslarını karşılaştırmışlardır. Williams ve ark. (2005), *Phoenix dactylifera* (hurma) ağacının çeşitli organlarını ve yetiştiği toprakları kullanarak Ag, Al, Ba, Be, Ga, La, Mo, Se, Si, Ti ve V miktarlarını tespit etmişlerdir. Ağır metal kirliliğinin ölçülmesine yönelik olarak Ürdün'ün Akabe şehrinde *Phoenix dactylifera* bitkisi biyomonitör organizma

olarak kullanılarak Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn miktarları tespit edilmiştir (Al-Khlaifat ve Al-Khashman, 2007). Çin'in kuzeybatısında doğal olarak yetişen *Sophora japonica* bitkisinin yaprakları ve bitki örneklerine ait topraklar trafik aktivitesinin büyük oranda artması sonucu ortaya çıkan çevre kirliliğinin belirlenmesi çerçevesinde Cd, Cr, Cu, Hg, Pb ve Zn miktarlarının tespitinde kullanılarak trafiğin neden olduğu kirlilik boyutları ortaya çıkarılmıştır (Li ve ark., 2007). Mexico City'de gerçekleştirilen bir çalışmada kent merkezinden toplanılan *Ficus benjamina* bitkisinin yaprak örnekleri kullanılarak Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Sb, V ve Zn miktarları tespit edilmiş ve metal kirliliğinin doğal, trafik ve endüstriyel kaynaklardan dolayı ortaya çıktığı belirlenmiştir (Guzman-Morales ve ark., 2011). İtalya Sicilya'da, Bonanno (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada *Arundo donax* bitkisine ait kök gövde ve yaprak ve yaşadıkları bölgeye ait sediment ve toprak örneklerinde Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarları belirlenmiş ve metal akümülyasyonlarının kök,yaprak,gövde sırasında ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Yol kenarlarında yetişen *Eucalyptus camaldulensis* (okaliptüs), *Morus alba* (dut), *Olea europaea* var. *syvestris* (delice), *Pistacia terebinthus* (menengiç), *Quercus coccifera* (kermes meşesi), *Vitex agnuscastus* (hayıt), *Phragmites australis* (kamış), *Hypericum triquetrifolium* (kantaron), *Malva sylvestris* (ebegümeci), *Inula graveolens* (ipek otu), *Thymus capitatus* (adi kekik), *Cucumis melo* (kavun), *Zea mays* (mısır), *Marrubium vulgare* ve *Oryzopsis coerulescens* bitkileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada İzmir ve çevresindeki Cd, Pb ve Zn miktarları belirlenmiştir (Türkan, 1986). Bayçu ve Önal (1993) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, İstanbul E-5 Otoyolu kenarından 10 farklı noktadan *Ailanthus altissima* bitki yaprakları ile bu bitki örneklerinin toprak örnekleri kullanılarak Cd ve Pb miktarları tespit edilmiştir (Bayçu ve Önal, 1993). Akgüç ve arkadaşları 2008 ve 2010 yıllarında yayınladıkları çalışmalarında *Pyracantha coccinea* bitki yaprakları (yıkamış ve yıkamamış) ve dal örneklerinde ağır metallerini tespit ederek bu bitkinin ağır metalleri biriktirebilme yeteneği incelenerek özellikle Cd, Cu, Pb, Mn, Ni ve Zn ağır metalleri için iyi bir biyomonitör bitki olduğunu belirlenmiştir. Bartın kentinde yapılan bir çalışmada *Laurus nobilis* (defne) kök, yaprak (yıkamış ve yıkamamış), dal ve kabuk örnekleri ile bu örneklere ait toprak örnekleri kullanılarak Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn miktarları tespit edilmiş ve mevcut ağır metal birikiminin bitki makro ve mikro besinlerin (B, Ca, K, Mg ve Na) alımı üzerine etkileri gösterilmiştir (Yaşar ve ark., 2012). İstanbul'da yapılan bir

başka çalışmada da *Lycopersicon esculentum* (domates) bitki meyvesi ve yetiştikleri topraklarda Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn analizleri yapılmış ve ağır metal değerlerinin toplanan bitki örnekleri tarafından yansıtıldığı bulunmuştur (Osma ve ark., 2012). Macaristan'ın endüstri kenti Budapeşte ve az gelişmiş kenti Vacratot'tan toplanan *Robinia pseudacacia*, *Acer platanoides* ve *Tilia tomentosa* bitkilerinin yapraklarında Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Sr, Pb ve Zn içerikleri tayin edilerek yukarıda bahsi geçen türlerin hangilerin hangi element için iyi bir biyomonitör olduğu tespit edilmiştir (Kovacs ve ark., 1981). Yine yapılan benzer bir çalışmada, kırsal (kontrol), otoyol kenarı ve maden bölgelerinden toplanan *Festuca rubra* bitkisi kullanılarak Pb kirliliği analiz edilmiş ve kirliliğin maden bölgelerinde en yoğun, otoyol kenarında daha az yoğun ve kontrol bölgelerinde ise en az yoğun olduğu gösterilmiştir. Pilegaard ve Johnsen (1984), *Achillea millefolium* ve *Hordeum vulgare* bitkilerini kullanarak Danimarka'da Cd, Cu, Ni ve Pb ağır metallerinin hava ve toprak tarafından nasıl alındığını incelemişler ve sonuç olarak Cu ve Pb'nin havada ve bitkiler arasındaki miktarlarının birbiri ile ilişkili olduğunu fakat toprak ile bitkiler arasındaki miktarlarının birbiri ile ilişkili olmadığını bulmuşlardır. Yine Madrid'te Cd ve Pb kirlilik düzeyleri *Nerium oleander* bitkisinin yıkanmış ve yıkanmamış yaprakları kullanılarak analiz edilmiş ve aralarındaki farklar gözlemlenerek yıkama işleminin ağır metal içeriğini nasıl etkilediği incelenmiştir (Hernandez ve ark.,1987). Finlandiya'da yapılan bir çalışmada *Cucumis sativus* (salatalık), *Triticum aestivum* (buğday) ve *Secale cereale* (çavdar) bitkileri kullanılarak yoldan 200 uzaklıktaki Pb kirliliğinin yoldan 22 m uzaklıktaki Pb kirliliğine oranla 1.5-3 kat az çıktığı gösterilmiştir (Ylaranta, 1995). Norveç'te 1982-1992 arasındaki on yılda t-test analizleri ile Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının bölgesel ve geçici değişimleri incelenmiştir (Berthelsen ve ark., 1995). Polonya'nın başkenti Varşova farklı zonlara ayrılarak yapılan bir başka çalışmada, *Pinus sylvestris* yaprakları kullanılarak Cd, Cu, Pb ve Zn miktarları analiz edilmiştir (Dmuchowski ve Bytnerowicz, 1995). Havadan kaynaklanan metal kirliliğinin (Cr, Cu, Li, Ni, Pb ve Zn) Suudi Arabistan'ın başkenti Riyad'da gösterilebilmesi için *Phoenix dactylifera* (yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri) biyomonitör organizma olarak kullanılmıştır (Al-Shayeb ve ark., 1995). Almanya'nın kent merkezinde bulunan sarıçam ağaçlarına ait kabuklar ile ormanlık bölgelerde bulunan sarıçam ağaçlarına ait kabuklar arasındaki ağır metal akümülyasyon farklılıkları incelenerek ortaya konmuştur

(Huhn ve ark., 1995). Alfani ve ark. (1996) tarafından İtalya'nın Napoli şehrinde yapılan bir çalışmada Cu, Fe ve Pb kirlilik oranları *Quercus ilex* ve onun toprak örnekleri ile karşılaştırmalı olarak incelenerek ortaya konmuştur. Yine Caselles (1998) tarafından yapılan bir çalışmada *Citrus limon* (yıkamış ve yıkılmamış yapraklar) yoğun trafiğin yaşandığı yola 1-500 m mesafelerde Cu, Mn, Pb ve Zn birikimlerini tespit etmek için kullanmıştır. Aksoy ve ark. (1999) tarafından İngiltere'nin Bradford şehrinde *Capsella bursa-pastoris* bitkisi ağır metal kirliliğinin tespitinde biyomonitör bitki kullanılmış ve kirlilik oranları daha önce aynı bölgede *Poa annua* biyomonitör bitkisi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Aksoy ve ark., 1999). Shams ve Beg (2000), Pakistan'ın Karaçi şehrinde yol kenarlarında yetişen çeşitli bitkileri kullanarak Pb kirlilik oranlarını belirlemişlerdir. Alriksson ve Eriksson (2001) tarafından İsveç'in kuzeydoğusunda *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta*, *Larix sibirica*, ve *Betula pendula* türleri kullanılarak bu türlerde Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları ve bu türlerin metal akümülyasyon kabiliyetleri ve kirliliğin bitkiler üzerindeki muhtemel etkileri incelenmiştir. 2001 yılında Ürdün'ün başkenti Amman'da kirlilik oranı yüksek 3 farklı bölgede yapılan bir çalışmada 36 *Cupressus sempervirens* (kabuk numuneleri) hava kirliliğinin tespitinde biyomonitör organizma olarak kullanılmış ve özellikle kurak bölgelerde ağır metal kirliliğinin tespitinde servi ağacının kabuklarının iyi bir indikatör olduğu gösterilmiştir (El-Hasan ve ark., 2002). Polonya'da doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında şehri kesen iki yol boyunca *Taraxacum officinale* toprak üstü kısımları ve bu örneklerin toprak örnekleri toplanarak Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları ve bu ağır metallerin mobilitelerinin incelenmiş ve bu bitkinin ağır metallerin bir alandaki dağılımlarını ve kontaminasyon seviyesi ölçmek için uygun bir biyomonitör görevi yapabileceği gösterilmiştir (Krolak, 2003).

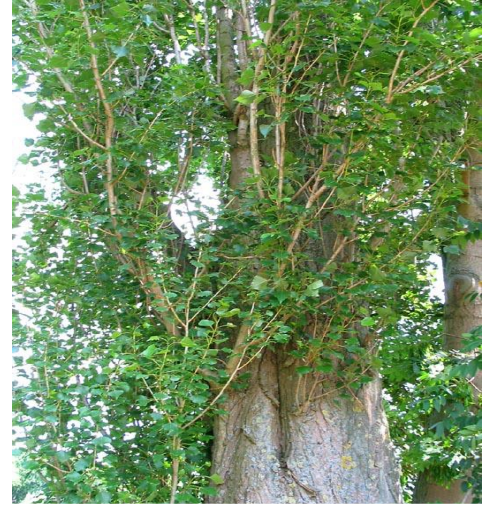
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitkilerin özellikleri

Bişkek'te, Alamedin nehri boyunca yaklaşık her 3 km de bir toplanan bitki örneklerinin içerdiği element (Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn) içeriklerinin analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkiler *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra* ve *S. fragilis*'dir.

3.1.1. *Populus nigra* (Kara Kavak)

Kingdom Plantae
Subkingdom Tracheobionta
Division Magnoliophyta
Class Magnoliopsida
Subclass Dilleniidae
Order Salicales
Family Salicaceae
Genus <i>Populus</i> L.
Species <i>Populus nigra</i> L.

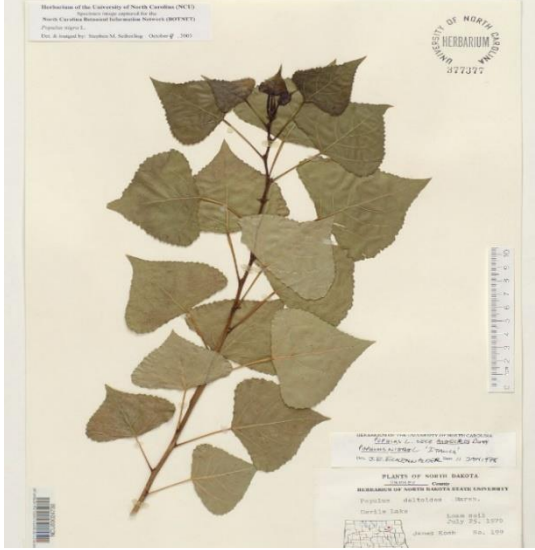


Şekil 1. *Populus nigra*-Sınıflandırma
(Anonim, 1)

Şekil 2. *Populus nigra*- Genel Görünüş
(Anonim, 1)

Karakavak (*P. nigra*), söğütgiller (*Salicaceae*) familyasından anavatanı Avrupa, güneybatı ve Orta Asya olan bir kavak türü (Froget et al., 2002). 30 m'ye kadar boylan karakavağın tacı geniş yumurtamsı; kabuğu soluk gri renkte, yaşlandıkça oluklaşır. Sürgünler sarımsı renkte tüysüz, düz ve yuvarlaktır. Tomurcuklar kırmızımsı kahverengi yumurtamsı şekilde çok yapışkandır. Yaprak sapı yapraktan daha uzunca yan tarafı yassıdır. Yaprak rombik (eşkenar dörtgen biçiminde) ve rombik-yumurtamsı veya üçgenimsi, 5-10 × 4-8 cm, alt yüzü yeşilimsi, üstü yeşil renkte; yaprak tabanı kama şeklinde veya geniş kama şeklinde nadiren kesikli, yaprak kenarı tırtıllı-testere dişli, kirpikli, ucu uzun sivri uçludur. Dişi tomurcuklar uça dışa doğru eğrilmiştir. Erkek kedicikler 5-6 cm uzunluğunda ekseni tüsüzdür. Brahteler kahverengimsi 3-4 mm, zarımsı ve saçaklıdır. Stamenler 15-30 kadar; anterler morumsu kırmızıdır. Ovaryum yumurtamsı, tüysüz; 2 sitigmalı kapsül yumurtamsı, 5-7 × 3-4 mm, 2

kapakçıklıdır. Çiçekler Nisan ayında açarken, tohumlar Haziranda tamamen olgunlaşır. Çiçekler iki evcikli. Bitki kendi kendini dölleyemez. Gölgede iyi büyüyeme yapamaz, yetişmesi için nemli toprak gerekir (EOL, 2018).



Şekil 3. *Populus nigra*- Herbarium Görüntüsü (Anonim, 1)



Şekil 4. *Populus nigra*- Çizimi (Anonim, 1)

3.1.2. *Dactylis glomerata* (Domuz Ayrığı)

Kingdom Plantae
Subkingdom Tracheobionta
Division Magnoliophyta
Class Liliopsida
Subclass Commelinidae
Order Cyperales
Family Poaceae
Genus <i>Dactylis</i> L.
Species <i>Dactylis glomerata</i> L.

Şekil 5. *Dactylis glomerata*- Sınıflandırma (Anonim, 2)



Şekil 6. *Dactylis glomerata*- Genel Görünüşü (Anonim, 2)

Domuz ayrığı cinsi (*Dactylis* sp.), buğdaygiller familyası (Poaceae)'nın yumak oymağı (Festuceae) içerisindeki en küçük cinslerden biridir ve 15 türü içerir (Anonymous, 2006). Çok yıllık, yumak oluşturan bir serin mevsim buğdaygildir. Avrupa, Kuzey Afrika ve Asya'nın ılıman bölgelerinin doğal bir türüdür (Whyte ve ark., 1975). Domuz ayrığı, çok yıllık, açık yumak oluşturan bir serin mevsim bitkisidir. İklim koşullarına bağlı olarak bitki boyu 60-200 cm arasında değişir (Jung ve Baker, 1985). Saplarda yaprak sayısı azdır. Ancak bitkinin taban kısmı bol yapraklıdır. Yaprak ayasının enine kesiri V-şeklindedir. Yaprak kını yassı ve omurgalıdır. Yakacık zarımsı yapıda ve 3-10 mm uzunluğundadır. Kulakçık bulunmaz. Yaprak ayaları 2-12 mm genişliğinde ve 1 m'ye varan uzunluktadır. Yaprakların rengi açık yeşilden koyu mavi-yeşile kadar değişir. Yaprak karakterleri çevre koşullarına ve çeşitlere bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterir. Çiçek durumu 8-15 cm uzunluğundaki bir salkımdır. Salkımın alttaki dalları en üstteki dallardan daha uzundur ve daha fazla dallanırlar. Salkımdaki başakçıkların her birinde 2-5 çiçek bulunur. Kavuzlu meyveler 4-7 mm uzunluğunda, 1-1.5 mm genişliğinde ve 0.2-0.8 mm kalınlığındadır (Gençkan, 1983). Hemen hemen 3 köşeli olup, sivri uçlu ve ucu biraz büküktür. Karyopsis 2-3 mm uzunluğunda ve 0.8 mm genişliğinde ve kalınlığında olup yuvarlakça, 3 köşeliden kayık formuna kadar değişen biçimde ve yumuşaktır ve iç kavuzlardan kolaylıkla ayrılır. Diğer buğdaygillerde olduğu gibi domuz ayrığı da saçak kök sistemine sahiptir. Kökler çayır salkım otu ve kelp kuyruğuna göre daha fazla toprak derinliğine iner. Buna karşılık, köklerin ulaştığı toprak derinliği kılçıksız bromaya göre daha azdır. Bu nedenle, bitki kelp kuyruğu ve çayır salkım otuna göre kurağa daha toleranslı, kılçıksız bromaya göre ise daha az toleranslıdır. Bitki yedek karbonhidratlarını yaprak ayalarının tabanında, sapın toprak yüzeyine yakın kısımlarında ve köklerinde depolar. Fakat, yedek karbonhidratların en fazla bulunduğu yer sapın toprak yüzeyine yakın kısımlarıdır. Yedek karbonhidratlar glikoz, fruktoz, sakkaroz ve nişasta halinde depolanır. Ancak, depo karbonhidratlarının çoğunluğunu fruktozanlar oluşturur (Hatipoğlu ve Kökten, 2009).



Şekil 7. *Dactylis glomerata*-
Herbarium Görüntüsü (Anonim, 2)



Şekil 8. *Dactylis glomerata*-
Çizimi (Anonim, 2)

3.1.3. *Mentha longifolia* (Tüylü nane)

Kingdom Plantae
Subkingdom Tracheobionta
Division Magnoliophyta
Class Magnoliopsida
Subclass Asteridae
Order Lamiales
Family Lamiaceae
Genus <i>Mentha</i> L.
Species <i>Mentha longifolia</i> L.



Şekil 9. *Mentha longifolia*-
Sınıflandırma (Anonim, 3)

Şekil 10. *Mentha longifolia*- Genel
Görünüş (Anonim, 3)

Nane, ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasının *Mentha* cinsini oluşturan bütün Dünya'da görülebilen 25-30 türün ortak adı. Genellikle temmuz ve ağustos ayları arasında açarlar. Yaprakları kullanılmaktadır. Bunlardan *Mentha piperita* L.'nin kokusu özel ve kuvvetli, tadı ise baharlı ve serinleticidir. Bileşimi, rezin, tanen ve uçucu yağ (%0.5-1) taşımaktadır. Uçucu yağ içerisinde terpenler, serbest ve ester halinde mentol

(%40-60), menton (%8-10) ve mentofuren bulunmaktadır. Sinirsel kökenli mide bulantılarını kesici, gaz söktürücü ve koku verici olarak kullanılmaktadır. *M. piperita* L. türünün çiçekli ve yapraklı dallarından su buharı distilasyonu ile elde edilen uçucu yağa nane esansı denilmektedir. Bu esans hafif antiseptik, ferahlatıcı, koku verici ve mide bulantılarını kesici olarak kullanılır. *M. pulegium* L.'nin çiçekli dallarından su buharı distilasyonu ile nane suyu elde edilir. Yabani nane adı altında kullanılan türleri *M.aquatica* L., *M.longifolia* (L.) Hudson (Syn: *M.incana* Willd.= *M.sylvestris* L.) sayılabilir. *M.pulegium* L.de; %0,15 uçucu yağ, bu uçucu yağın içerisinde de %60 pulegon olduğu tespit edilmiştir. Kuvvet verici, hazmettirici, balgam ve safra söktürücü ve adet getirici etkilere sahiptir. Bu türden elde edilen uçucu yağa Filiskin Yağı denir. *M.spicata* L. subsp. *spicata* (Syn: *M.viridis* L.= *M.crispa* L.) yaprakları ticarete kullanılır.



Şekil 11. *Mentha longifolia*-
Herbaryum Görüntüsü
(Anonim, 3)



Şekil 12. *Mentha longifolia*-
Çizimi (Anonim, 3)

Kuvvet verici, hazmettirici, balgam ve safra söktürücü ve adet getirici etkilere sahiptir. Bu türden elde edilen uçucu yağa Filiskin Yağı denir. *M.spicata* L. subsp. *spicata* (Syn: *M.viridis* L.= *M.crispa* L.) yaprakları ticarete kullanılır. Bitki bilhassa uçucu yağ elde etmekte kullanılmaktadır. Bu tür %1-5 oranında uçucu yağ taşımaktadır. Bu yağ içinde karvon (%40-70) bulunmaktadır. Diş macunları ve cikletlere koku verici olarak kullanılmaktadır. Bir başka yetişen türde, *M.suaveolens* Ehrh. (Syn: *M.rotundifolia*

Auct) dir (T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Afyonkarahisar Tıbbi ve İtri Bitkiler Merkezi, 2018).

3.1.4. *Salix fragilis* (Gevrek söğüt)

Kingdom Plantae
Subkingdom Tracheobionta
Division Magnoliophyta
Class Magnoliopsida
Subclass Dilleniidae
Order Salicales
Family Salicaceae
Genus <i>Salix</i> L.
Species <i>Salix fragilis</i> L.



Şekil 13. *Salix fragilis* -
Sınıflandırma (Anonim, 4)

Şekil 14. *Salix fragilis* -
Genel Görünüş (Anonim, 4)

Yaprak sapı 2–7 mm, tüylü veya tüysüz, yapraklar mızraksı veya geniş mızraksı, 8-10 × 1-1.6 cm'dir. Üst yüzü soluk, tüysüz, alt yüzü donuk yeşil, orta damar tüylü; dibi kama şeklinde, kenarı dişli, ucu uzun ve sivridir. Erkek kedicikler 3–5 cm × 4–6 mm'dir. Çiçek sapı 1 cm, 0-3 yaprakçıklı, ekseni tüylüdür. Brahteler sarı veya donuk sarıdır. Erkek çiçekler 2 stamenli (erkekorgan), filamentlerin dibi bazen tüylüdür. Anterler ise sarıdır. Çiçek ve yapraklar Nisan ayında açar. Çiçekler iki evciklidir. Tohumlar Mayıs ve Haziran aylarında olgunlaşır. Ortalama ömrü 200 yıl kadardır. En iyi gelişmeyi drenajı kötü, taşmış, derin topraklarda yapar. Fakat ağır topraklarda bol güneş ister. Kireçli topraklarda da iyi gelişme gösterir. Odunu, pembemsi, yumuşak, hafif, gevrek (kolay yarılr) ve kolay eğilir. Oyuncak yapımında ve mangal odunu olarak kullanılır. Ayrıca halk tarafından hastalıkların tedavisinde kullanılır. İçerisinde, aktif bir karışım olan salisilik asit bulunur (Meikle, 1984; Rushforth, 1999; USFS, 2013).



Şekil 15. *Salix fragilis* -
Sınıflandırma (Anonim, 4)



Şekil 16. *Salix fragilis* -
Çizimi (Anonim, 4)

3.1.5. *Arundo donax* (Kargı)

Kingdom **Plantae**
Subkingdom **Tracheobionta**
Division **Magnoliophyta**
Class **Liliopsida**
Subclass **Commelinidae**
Order **Cyperales**
Family **Poaceae/Gramineae**
Genus ***Arundo* L.**
Species ***Arundo donax* L.**



Şekil 17. *Arundo donax* -
Sınıflandırma (Anonim, 5)

Şekil 18. *Arundo donax* -
Genel görünüş (Anonim, 5)

Kargı (*A. donax*), tatlı su ve hafif tuzlu su içeren bölgelerde yetişen bir bitki türüdür. Akdeniz zonunda, Orta Doğu'da ve Hindistan'da yetişir. 6 metre boya kadar uzar eğer ideal koşulları bulursa 10 metreye uzadığı da görülmüştür. Yetişkin gövde, içi boş ve yaklaşık 2 cm çapındadır. 60 cm'ye kadar uzayabilen yapraklar 2–6 cm enindedir. Yaz sonu çiçeklenir. Gri-yeşil tüylü sorguca benzeyen 40–60 cm'lik çiçekler

açar. Bulunduğu ortamda su miktarı uygun olduğu takdirde bahar aylarında günde 5 cm'ye kadar uzayabilir. Kök rizomlarıyla çoğalma gösteren kargı istilacı bir tür olarak tanınır. Günümüzde Türk sazı olarak anılan ney, kargı denilen bir çeşit budaklı kamıştan yapılır (Alden ve ark., 1998; Machenzie, 2004; Boose ve Holt, 1999; Dudley ve ark., 2008; University of California website, 2018).



Şekil 19. *Arundo donax* -
Herbarium Görüntüsü (Anonim, 5)



Şekil 20. *Arundo donax* -
Çizimi (Anonim, 5)

3.1.6. *Achillea millefolium* (Civanperçemi)

Kingdom Plantae
Subkingdom Tracheobionta
Division Magnoliophyta
Class Magnoliophyta
Subclass Asteridae
Order Asterales
Family Asteraceae/Compositae
Genus <i>Achillea</i> L.
Species <i>Achillea millefolium</i> L.



Şekil 21. *Achillea millefolium*-
Sınıflandırma (Anonim, 6)

Şekil 22. *Achillea millefolium*-
Genel Görünüş (Anonim, 6)

Türlerine göre 5-100 cm yükseklikte, yapraklar yünlü gibi tüylü ve parçalı, çiçekleri; beyaz, fildişi beyazı, soluk sarı veya altın sarısı rengindedir. Çok yıllık ve otsu bir bitkidir. Mavimtrak renkli bir uçucu yağ taşır. Bu uçucu yağda azulen, limonen, sineol, borneol, pinenler, seskiterenler vardır. Bitki çayırlarda, dar tarla yollarında, yol kıyılarında ve tahıl tarlalarının kenarlarında kümeler halinde yetişir. Güneşli havalarda çevresine aromalı keskin bir koku yayar. Aslında çiçekleri, güneşin en etkili olduğu saatlerde toplamak gerekir, çünkü o sıralarda eterli yağları ve şifalı gücü doruk noktasında olur. Eski bitki kitaplarında civanperçemi, tüm hastalıkların ilacı olarak nitelendirilmektedir.

Bileşikgiller (Asteraceae) familyasından *Achillea millefolium* türüne verilen ad. Sarı renkli çiçeği olan civanperçemi, 10-35 cm'ye kadar boylanabilen, çok yıllık bir çalıdır. Çiçeklenme dönemi haziran ve temmuz ayları arasındadır. Türkiye'de geniş bir alanda görülen bitki, steppe, çam ormanlarında ve yüksek çayırlarda yetişir. Bitkinin toprak üstünde kalan bölümleri uçucu yağ taşır (Baytop, 1984; Eröztürk, 1994).



Şekil 23. *Achillea millefolium*-
Herbarium Görüntüsü (Anonim, 6)



Şekil 24. *Achillea millefolium*-
Çizimi (Anonim, 6)

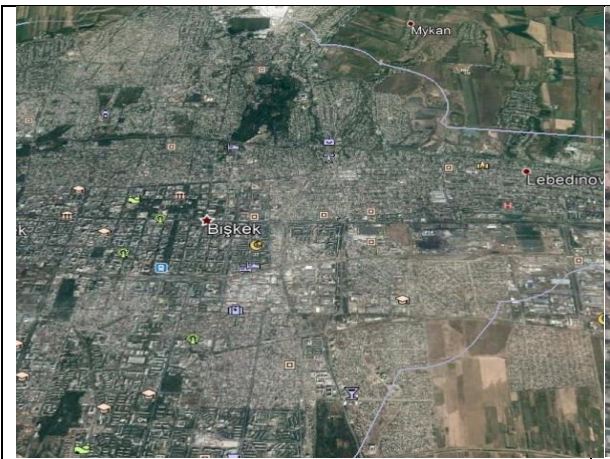
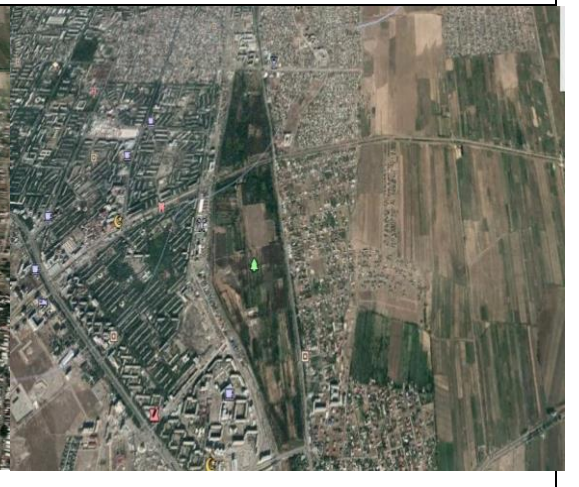
3.2. Bitki örneklerinin toplanması

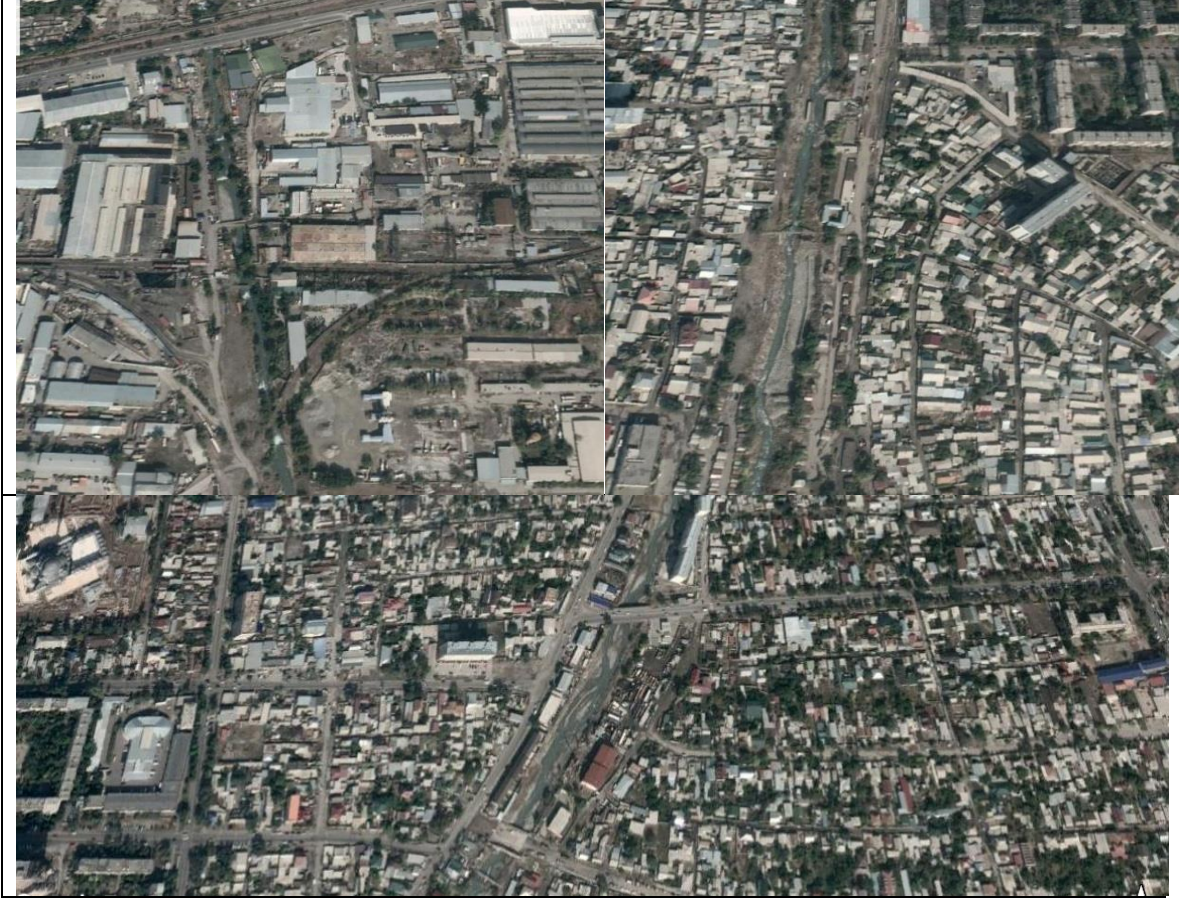
Seçilen bitkinin çeşitli organlarının ağır metal kirliliği için biyomonitör olarak kullanılabilirliğini belirlemek, bu kirliliğin sınır ve boyutlarını, nümerik olarak

saptamak, kirlilik kaynaklarının çeşitleri ile örnek alınan bitkilerin kirlilik kaynaklarına uzaklığının önemini araştırmak, bitki örneklerinin, ağır metallere hangi yollarla (hava yolu ile bitkinin toprak üstü kısımlarına veya topraktan köke) kontamine olduklarını saptamak, Bişkek'in Alamedin nehri boyunca çeşitli bölgelerinde, Al, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn metallerinin neden olduğu obje bitkilerde kirlilik boyutunu ve dağılımını tespit etmek bu tezin hedefini oluşturmaktadır.

Bunun için Bişkek'te muhtemel ağır metal kirliliğinin ve bu muhtemel kirliliğin sebep olabileceği bitki tarafından gerçekleştirilen mineral element alımlarının nasıl etkilendiğinin tespitini yapabilmek için çalışma materyalleri *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra* ve *S. fragilis* ve 2016 vejetasyonuna ait bu bitkilerin çeşitli kısımları (yıkılmış ve yıkanmamış yaprak, gövde ve kök örnekleri) bu tespit için kullanılmıştır. Çalışma, Bişkek'i boydan boya kateden Alamedin nehri boyunca gerçekleştirilmiştir. Kontrol noktası olarak şehrin dışında kalan bölgeden başlamak üzere yaklaşık her 3 km'de bir örnek alınmıştır. Alamedin nehrinin toplam uzunluğu 78 km'dir ve yaklaşık 20 km'si şehir içinden geçen bir nehirdir. Nehir boyunca toplam 10 istasyondan *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra* ve *S. fragilis*'e ait bitki örnekleri toplandı. İstasyon rakımları 1696m'den başlayarak 722 m'ye kadar düşmektedir. Her istasyondan her bitki türüne ait örneklerden en az 3 kere alındı ve steril kaplara alınarak isimlendirildi. Toplanan *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra* ve *S. fragilis* kısımları (yaprak, gövde ve kök örnekleri) daha sonradan laboratuvarında ICP-OES analizine hazır hale getirildi.

Bişkek'te, Alamedin nehri boyunca yaklaşık her 3 km de bir toplanan bitki örneklerinin içerdiği element (Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn) içeriklerinin analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkiler *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra* ve *S. fragilis*'dur. Aşağıdaki Tablo 1.'de bitki örnekleri alınan istasyonlar, istasyonların mevkileri, istasyonlar arasındaki uzaklık ve istasyonların rakım değerleri verilmektedir.





Şekil 1. Bitki örneklerinin toplandığı Alamedin nehrinin kaynağından ve şehir içinden geçtiği yerlerden birkaç uydu görüntüsü (Görüntüler Google Earth Programı kullanılarak alıntı yapılmıştır)

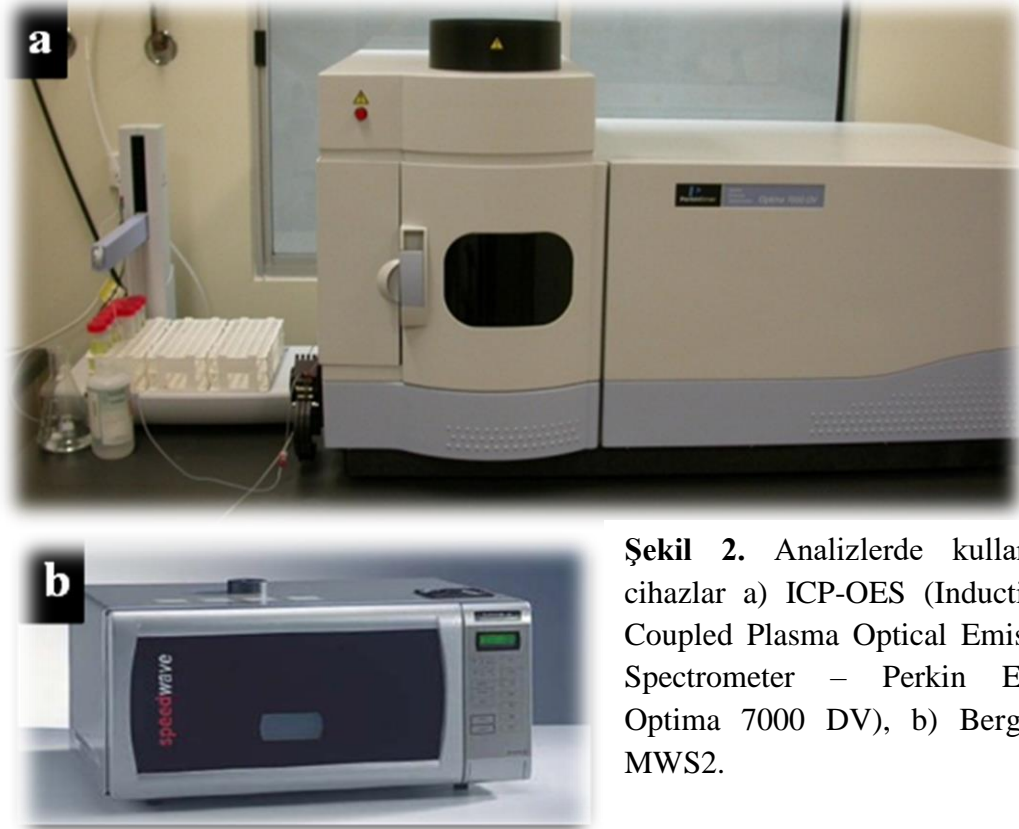
3.3. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry – İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) kullanılarak Ağır Metal ve Mineral Besin Element İçeriklerinin Tayini

Çalışmamızda bitki bünyesinde analiz edilecek metaller sırası ile alüminyum (Al), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) olmuştur. Ayrıca ağır metal stresinden dolayı bitki metabolizmasının hangi yönde, hangi oranda etkilendiğinin tahminini yapabilmemiz için bitki bünyesinde ve topraktaki kalsiyum (Ca), demir (Fe), potasyum (K) ve magnezyum (Mg), gibi mineral elementlerin analizleride gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde aşağıda temel özellikleri anlatılan ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometers) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Spektroskopi, ışının madde ile etkileşimini inceler. Spektrometre ise özellikle elektromanyetik ışın şiddetinin çeşitli detektörlerle ölçülmesini ifade eder (Eroğlu ve Aksoy, 2003). Son yıllarda, analiz için örneklerin atomlaştırılması ve oluşan atomların uyarılması amacıyla kullanılan, elektriksel boşalımına dayanan Atomik emisyon spektroskopisi, yerini plazmalara bırakmıştır. ICP tekniğindeki plazma argon gazı ile oluşturulur. ICP torch'u üç kuartz tüpten oluşur. Çoğunlukla argon olan inert bir gaz tübe doğru akar. Bu akıcı gaz plazmayı destekleyen gaz olarak ve kuartz tüp için bir soğutucu görevi yapar. Plazma elektromanyetik olarak, argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans jeneratörünün etkileşmesi ile elde edilir. Radyo indüksiyon jeneratörünün gücü 27 veya 41 Mhz de 0.5-2 kw'tır. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı ile sağlanır ve argon atomları ile çarpışır böylece argon iyonları daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu etkileşim sonucunda iyonlar ve elektronlar aynı yöne doğru akmaya başlar. Ortamın bu akmaya karşı gösterdiği direnç ile ortamın sıcaklığı 10000 K'e (+273°C) kadar yükselir. Plazmanın içine giren örnek çözeltisi, atomlaşır ve uyarılır. ICP yönteminin avantajları; yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, plazma sıcaklığı her bölgede aynıdır ve bu nedenle self absorpsiyon ve self dönüşüm etkileriyle karşılaşılması, örnek çözeltinin plazma içerisinde oldukça uzun alıkonma süresine sahip olması ve atomlaştırılması, uyarma işlemlerinin inert kimyasal çevrede gerçekleştirilmesidir. Alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı nedeniyle, toprak alkali elementleri, nadir toprak elementleri ve bor, silisyum gibi bozunmayan oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada böyle bir sorun yoktur. ICP yöntemi ile ise, aynı anda analizi mümkün olan tüm elementlerin nitel ve nicel tayinleri yapılabilir (Yıldız, 1993).

Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu değişik şekillerde ölçülebilir. ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) cihazları, sırayla; ölçüm yapanlar ve aynı anda ölçüm yapanlar olmak üzere iki bölümde incelenebilir (Eroğlu ve Aksoy, 2003). Bizim çalışmamızda Perkin Elmer marka ICP-OES Optima 7000 DV kullanılmıştır (Şekil 2).

İlk önce bütün bitkiler çürüme ve kontaminasyonu önlemek için zarflara konularak 80°C sıcaklıkta etüvde 48 saat bekletildi. Kurutma işleminden sonra herbir bitki örneği ayrı ayrı septik şartlara bağlı kalınarak elementlerin dağılımını homojenize etmek adına öğütüldü ve 1,5 mm'lik elekten geçirildi. Öğütülen bitki örnekleri etiketlenerek plastik poşetlere konuldular. Bitki numunelerinden 0.2 gr tartılarak alınan örnekler teflon kaplara (sıçağa ve basınca dayanklı) yerleştirildi ve herbir örnek için üzerlerine 8 ml %65 HNO₃ (Merck) ilave edildi. Daha sonra Berghof-MWS2 marka model mikrodalga fırın içerisinde kademeli olarak önce 145°C'de 5 dakika, 165°C'de 5 dakika ve son olarak 175°C'de 20 dakika tutularak çözme işlemi yapıldı. Oda sıcaklığında 20 dakikalık soğutma işleminden (su banyasında) sonra numuneler 1-2 µm ortalama çaplı filtre kağıdı ile süzülerek steril 50 ml'lik falcon tüplerine ultra saf su ile aktarıldı. Bundan sonra Merck marka 1000 ppm'lik multi-element stok solüsyonu kullanılarak 10, 50, 100, 250 and 500 mg/L standart solüsyonlar hazırlandı. Kalibrasyon eğrisi çizmek için bu standart solüsyonlar kullanıldı ve element (Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn) ölçümleri yukarıda da belirtildiği gibi Perkin Elmer-Optima 7000 DV marka ICP-OES cihazı kullanılarak mg/kg DW cinsinden gerçekleştirildi.



4. BULGULAR

4.1. Bitki Örneklerinin Element Akümülayon Kapasiteleri

Bişkek'te Alamedin nehri boyunca yaklaşık her 3 km de bir toplanan bitki örneklerinin içerdiği mineral element ve ağır metal (Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn) içeriklerinin analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkiler *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra*, *S. fragilis*'dir. Aşağıdaki Tablo 1.'de bitki örnekleri alınan istasyonlar, istasyonların mevkileri, istasyonlar arasındaki uzaklık ve istasyonların rakım değerleri verilmektedir.

Tablo 1. Bişkek'te, Alamedin nehri boyunca örnek toplanan istasyonlar ve bu istasyonlardan toplanan bitki ve toprak örnekleri.

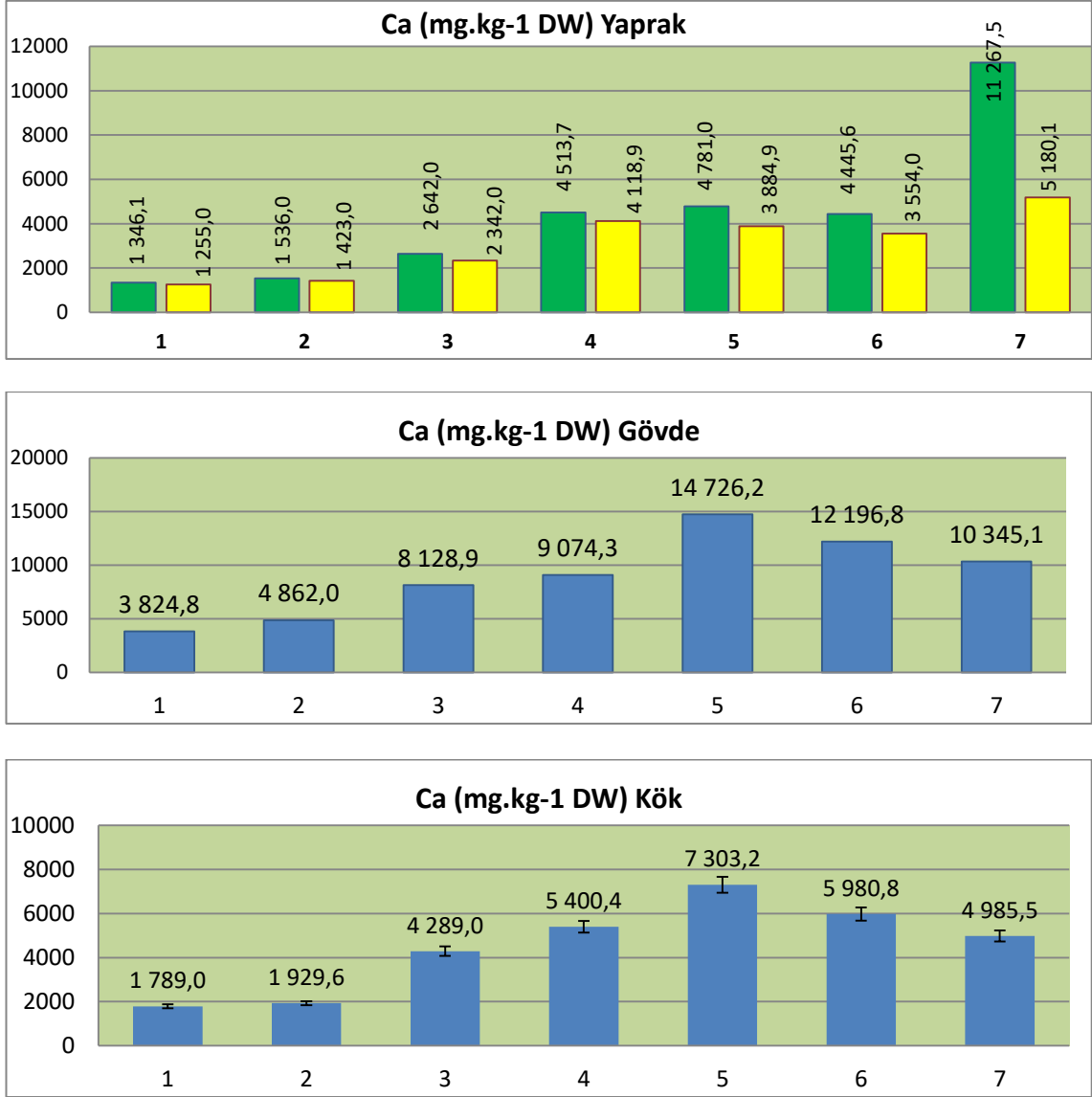
- 1) **K:** Kök, **G:** Gövde ve **Y:** Yaprak (**Y1:** Yıkanmış Yaprak ve **Y2:** Yıkanmamış Yaprak)
- 2) 1. *A. millefolium*, 2. *A. donax*, 3. *D. glomerata*, 4. *M. longifolia*, 5. *S. fragilis* ve 6. *P. Nigra*

3)

İstasyonlar
1. İstasyon - Jıluu Bulak (Teplıye, Kluçi)
2. İstasyon - Araşan
3. İstasyon - Taş- Moynok,
4. İstasyon - Beş-Kyngöy,
5. İstasyon - Kök-Jar,
6. İstasyon – Güney Magistral,
7. İstasyon - Ahunbaeva Jaddesi,
8. İstasyon: Çüy Jaddesi,
9. İstasyon: Çığış Otogar
10. İstasyon: Alamüdün sempti

İstasyonlar			1					2					3					4					5					6				
			K	G	Y		T	K	G	Y		T	K	G	Y		T	K	G	Y		T	K	G	Y		T	K	G	Y		T
	GPS koordinatlar I	Rakım			Y1	Y2				Y1	Y2				Y1	Y2				Y1	Y2				Y1	Y2				Y1	Y2	
1	N: 42,61570 E:074,66459	1696 m	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2	N:42,63340 E:074,67370	1610 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
3	N:42,633661 E:074,67351	1602 m	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
4	N:42,70465 E:074,65899	1284 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
5	N:42,77499 E:074,64185	1042 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
6	N:42,81267 E:074,64236	939 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
7	N:42,84115 E:074,63109	851 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
8	N:42,8562 E:074,62813	794 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
9	N:42,86011 E:074,62686	786 m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	N:42,89053 E:074,63147	722 m	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

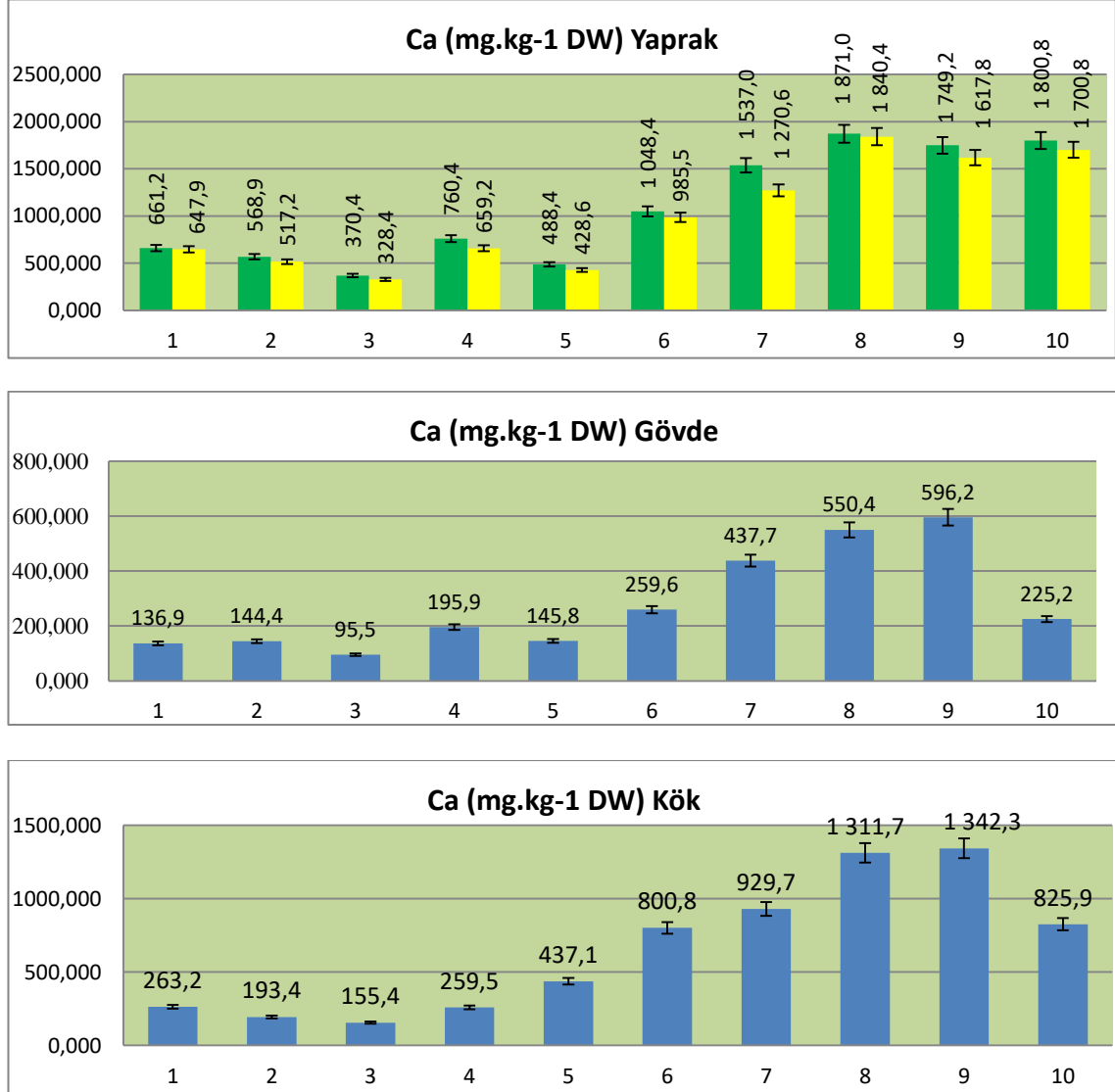
4.1.1. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Ca Akümülayon Miktarları



Şekil 3. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Ca miktarları (Yeşil: Yıkamamış Yaprak ve Sarı: Yıkamış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

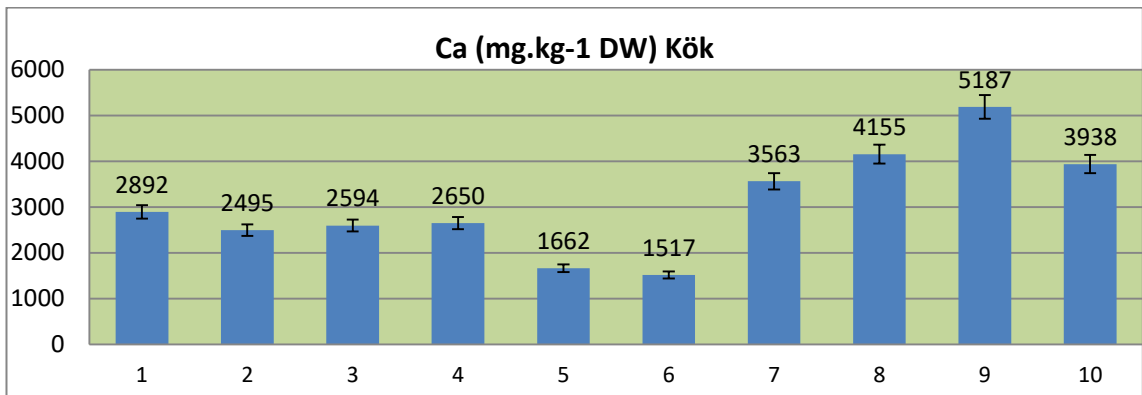
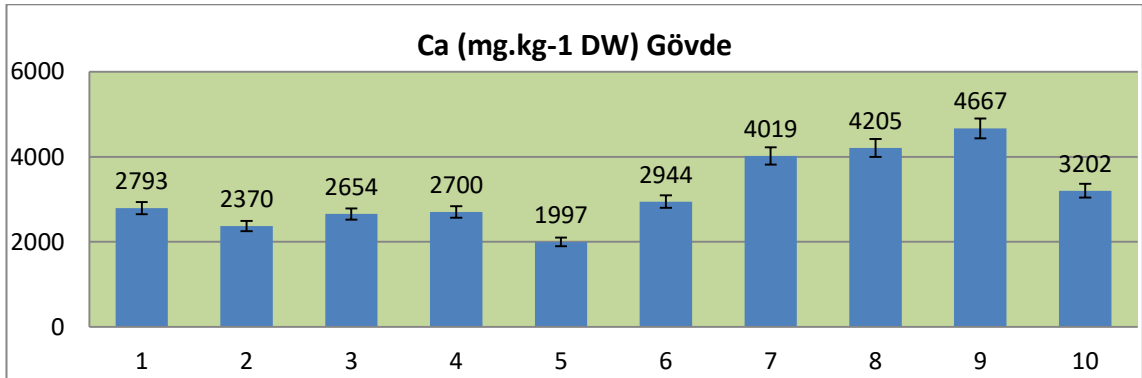
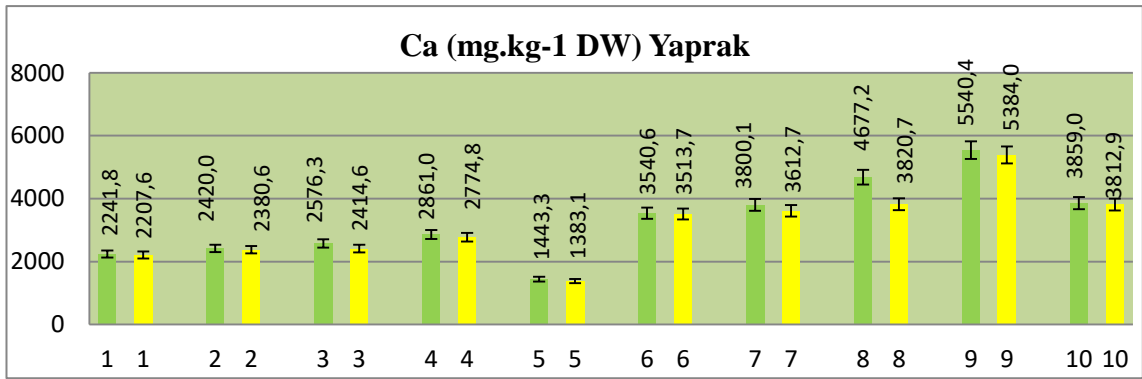
Kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 1'de gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (1254.990 mg.kg⁻¹ DW-yıkamış) ve en yüksek 7. istasyonda (11267.469

mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (3824.783 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (14726.181 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (1789.003 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (7303.240 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 4. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Ca miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

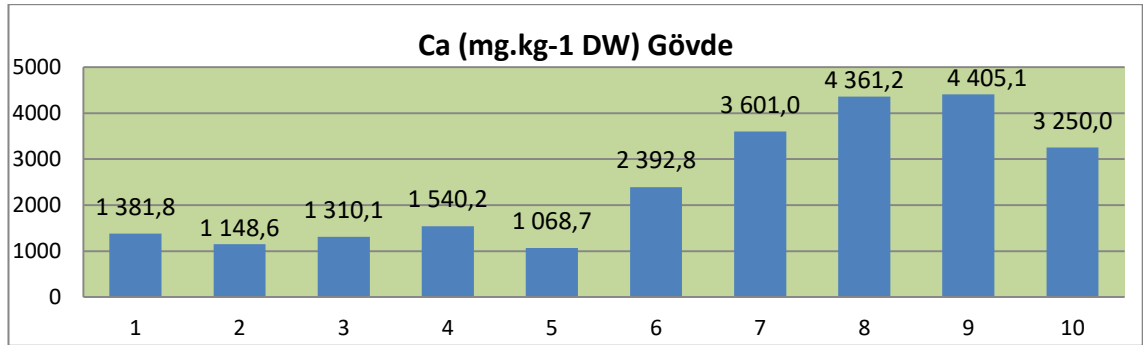
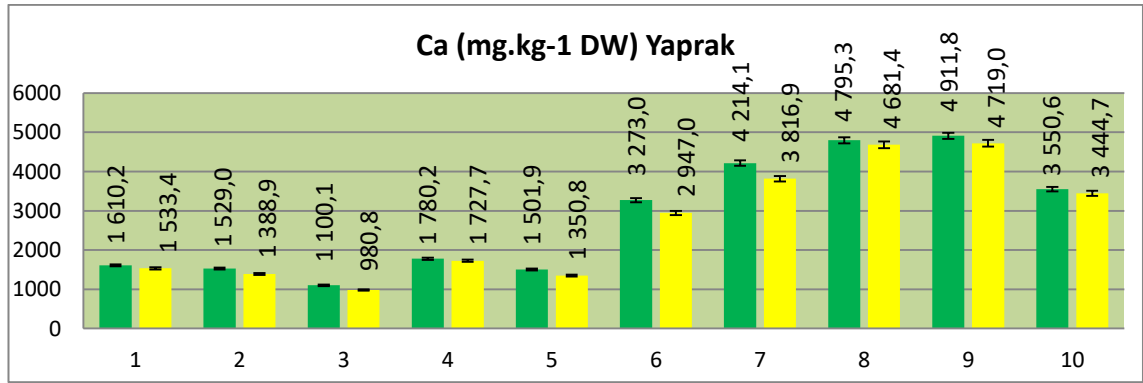
Kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 2'de gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda ($328.384 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda ($1870.957 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda ($95.464 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 9. istasyonda ($596.202 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda ($155.446 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 9. istasyonda ($1342.346 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

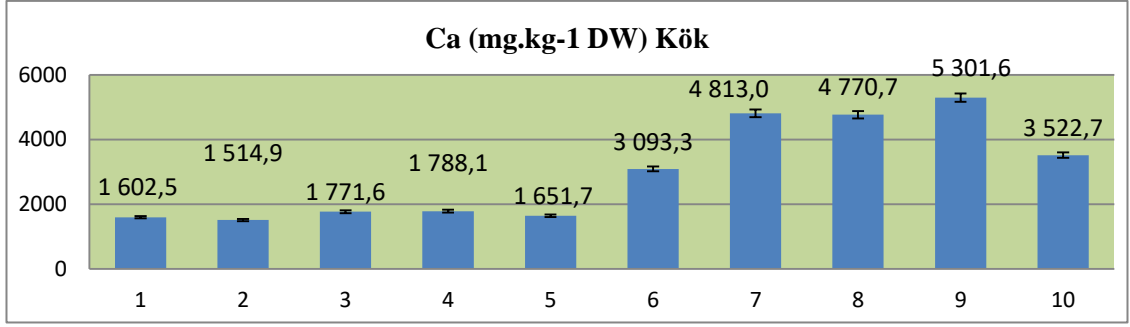


Şekil 5. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Ca miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış

Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

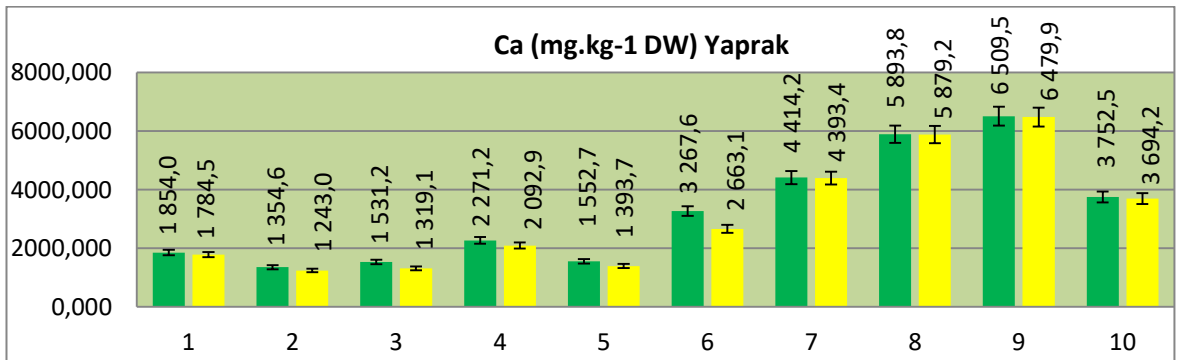
Kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 3'de gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 5. istasyonda ($1383.130 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 9. istasyonda ($5540.427 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 5. istasyonda ($1996.861 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 9. istasyonda ($4667.028 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 6. istasyonda ($1517.128 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 9. istasyonda ($5186.782 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

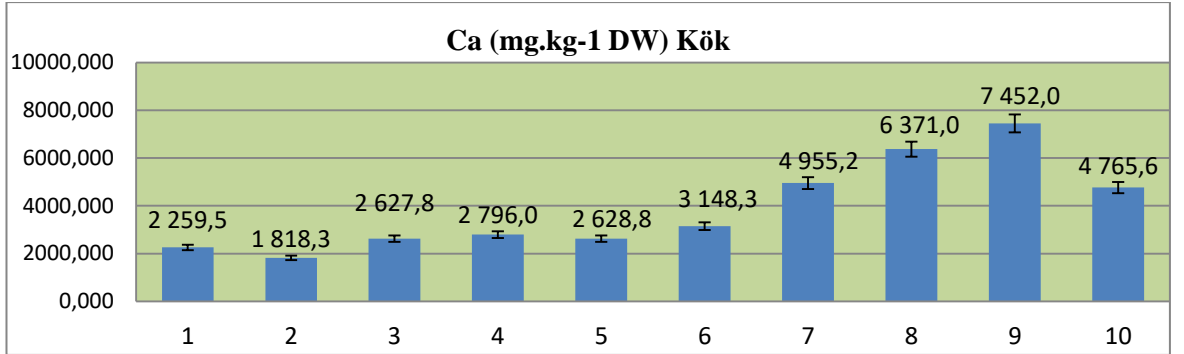
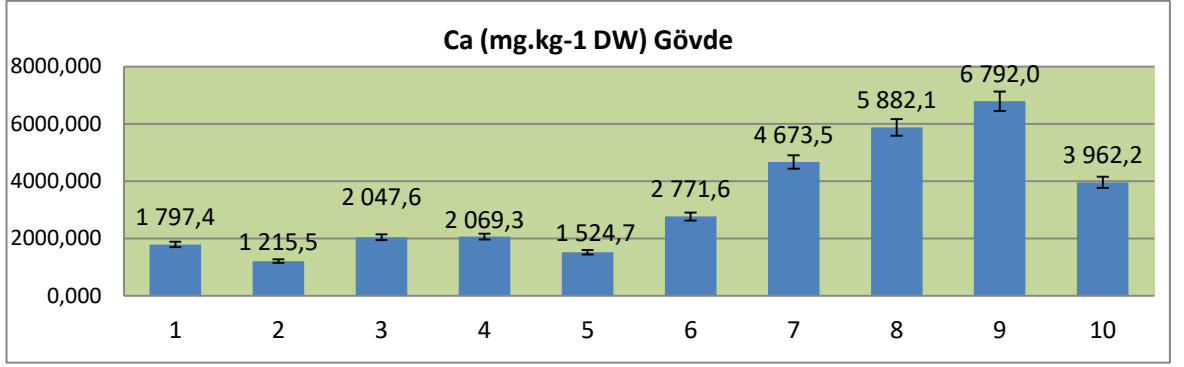




Şekil 6. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Ca miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

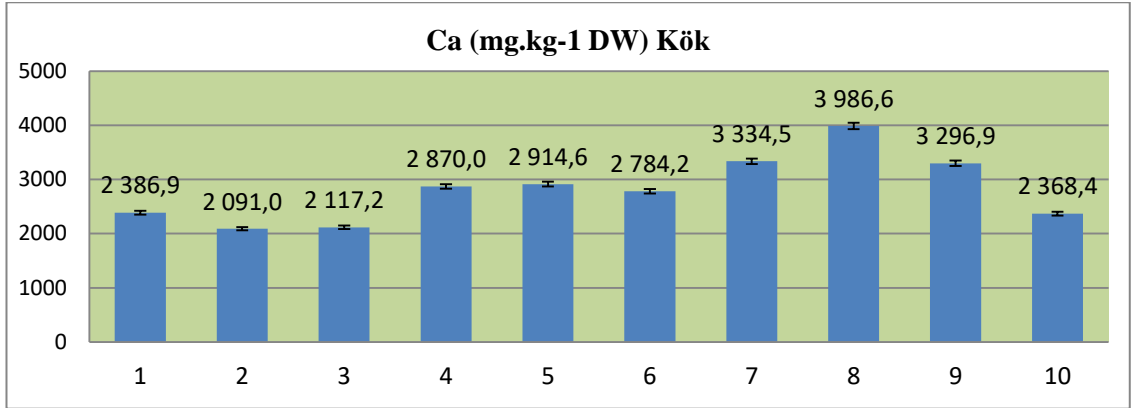
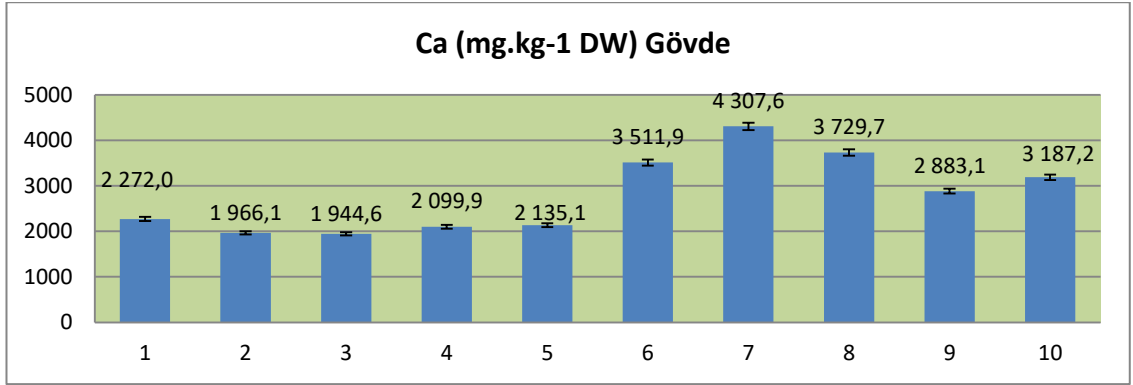
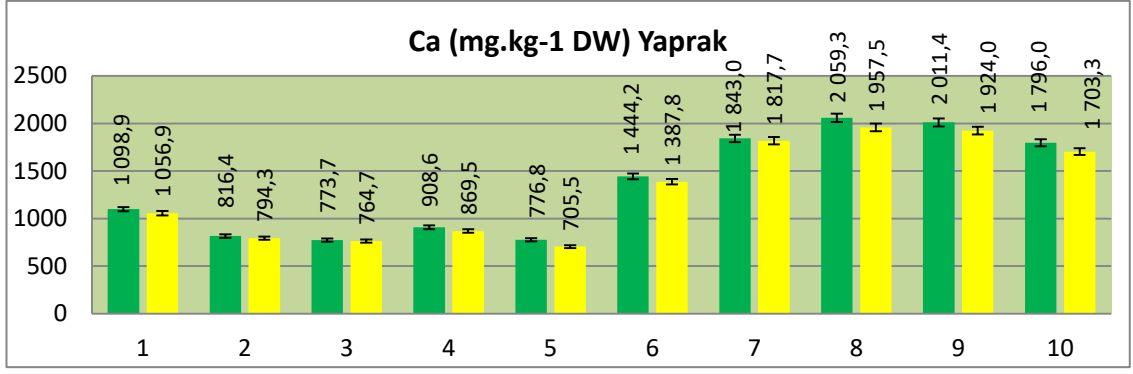
Kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 4'de gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (980.848 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 9. istasyonda (4911.773 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 5. istasyonda (1068.716 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 9. istasyonda (4405.099 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (1514.889 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 9. istasyonda (5301.554 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.





Şekil 7. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Ca miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jлуу Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 5'de gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (1242.999 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 9. istasyonda (6509.528 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (1215.465 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 9. istasyonda (6792.032 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (1818.302 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 9. istasyonda (7452.046 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

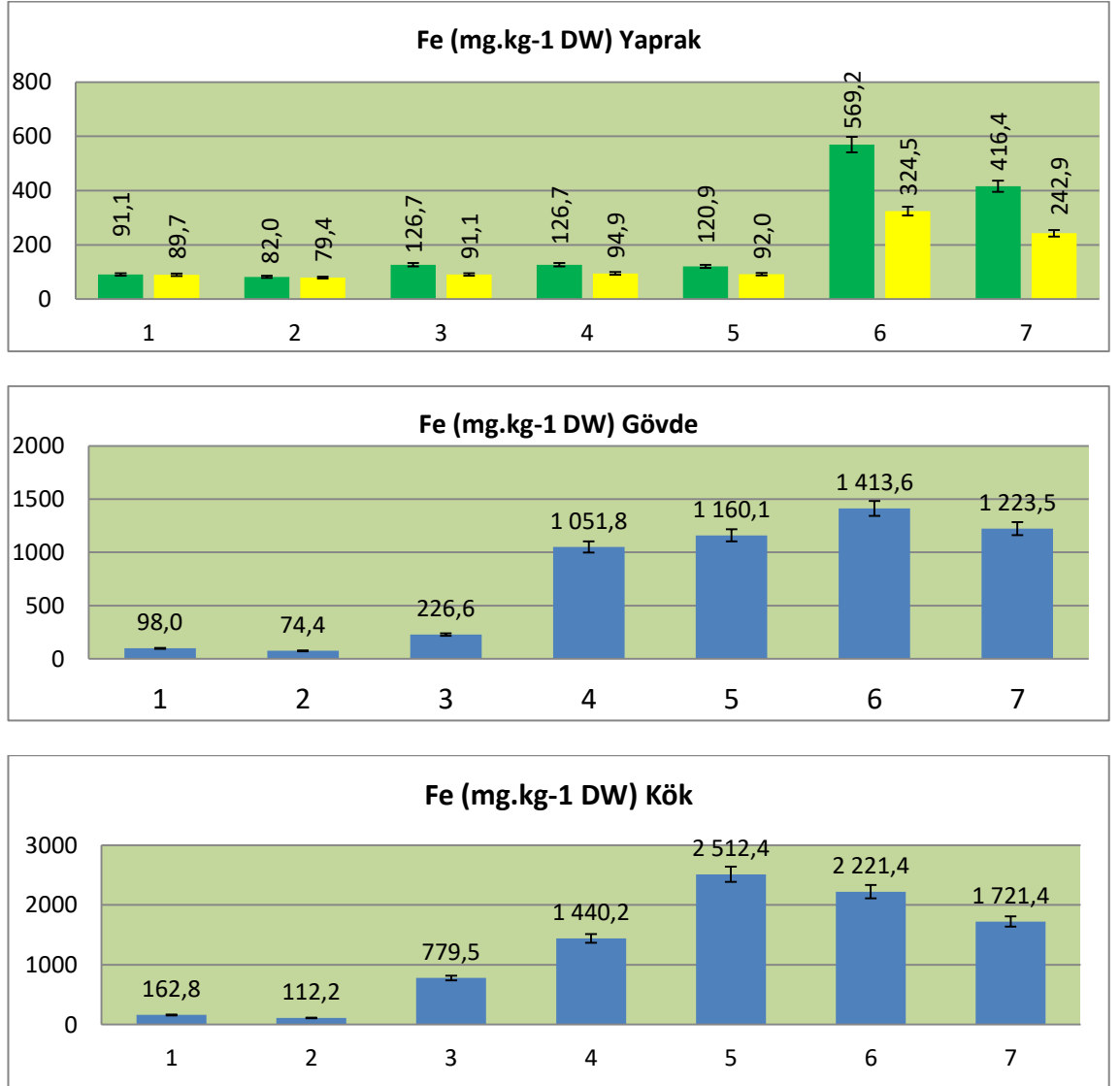


Şekil 8. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Ca miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Kalsiyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 6'de gösterilmiştir. Kalsiyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük

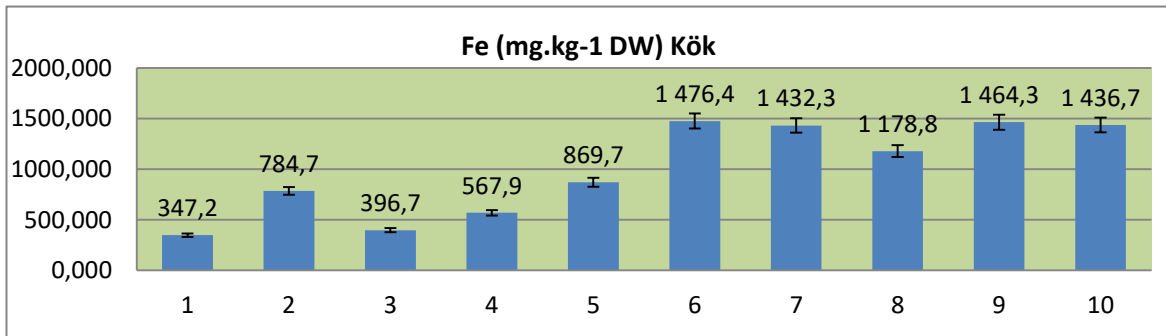
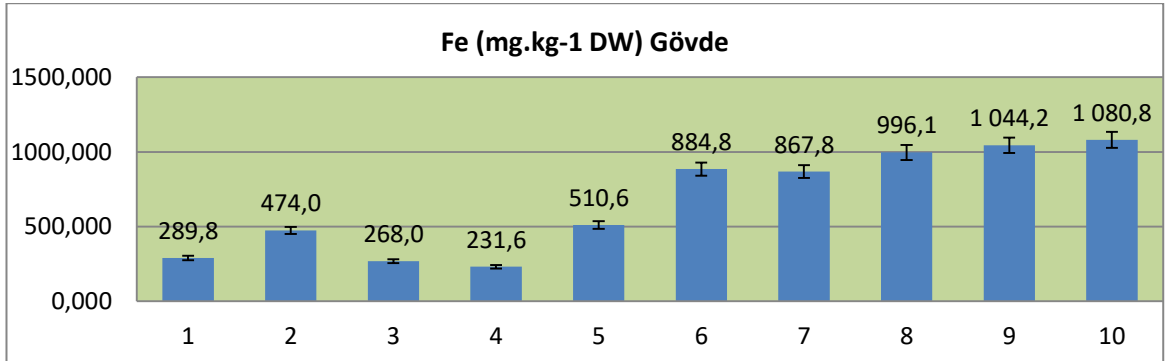
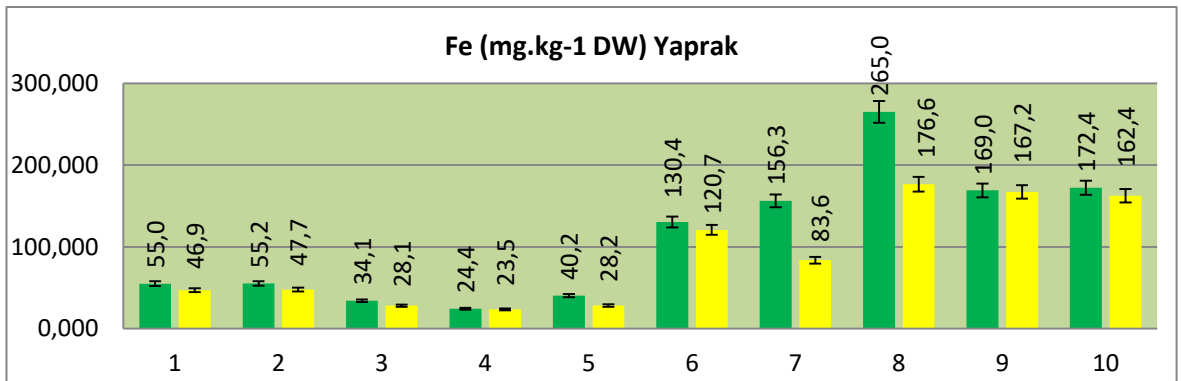
5. istasyonda (705.539 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (2059.299 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (1944.552 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (4307.581 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (2090.997 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (3986.633 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

4.1.2. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Fe Akümülayon Miktarları



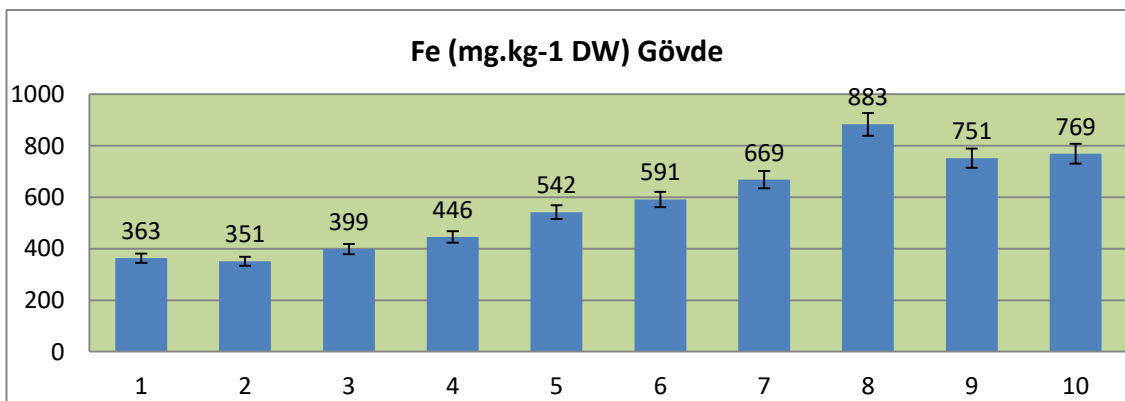
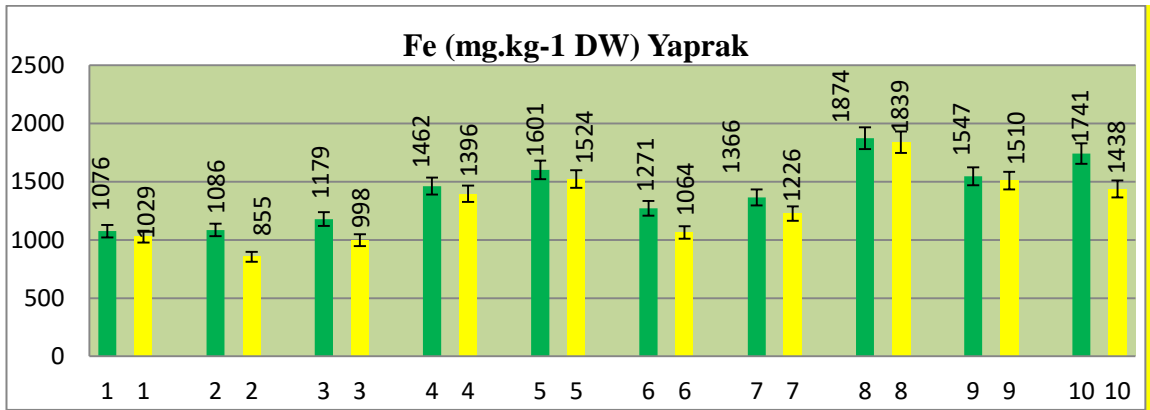
Şekil 9. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Fe miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

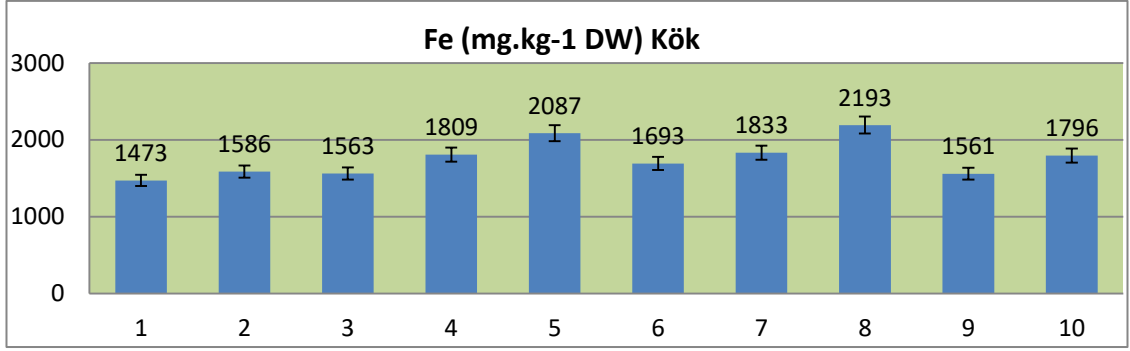
Demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 7'de gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (79.400 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 6. istasyonda (569,195 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (74.393 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 6. istasyonda (1413.592 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (112.218 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (2512.395 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 10. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Fe miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

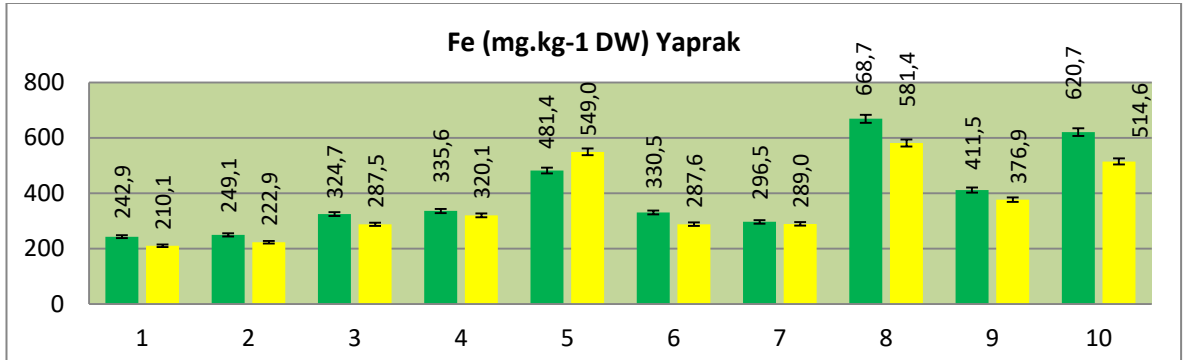
Demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 8'de gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 4. istasyonda ($23.503 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda ($264.972 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 4. istasyonda ($231.569 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 10. istasyonda ($1080.791 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda ($347.249 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 6. istasyonda ($1476.433 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

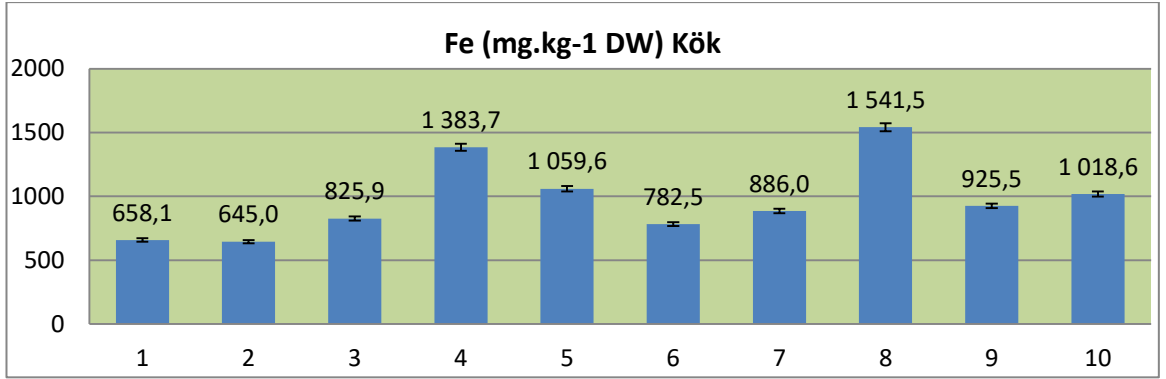
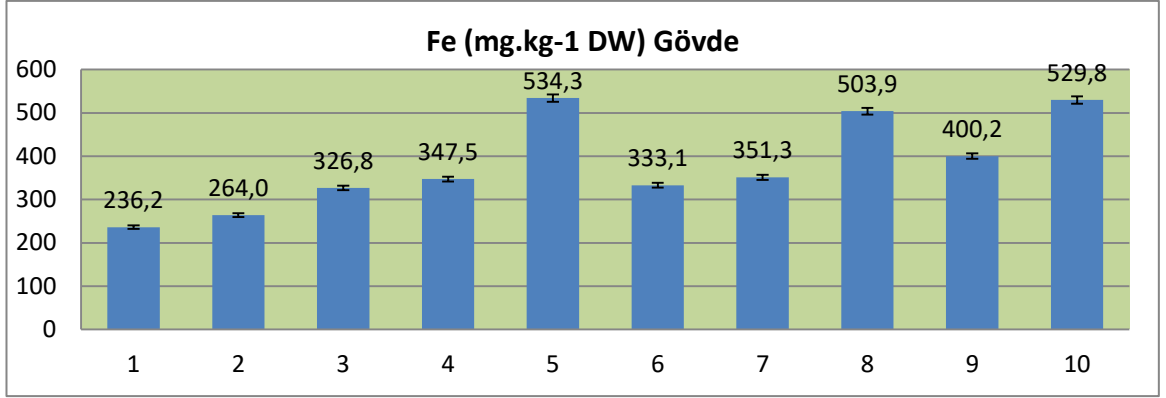




Şekil 11. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Fe miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

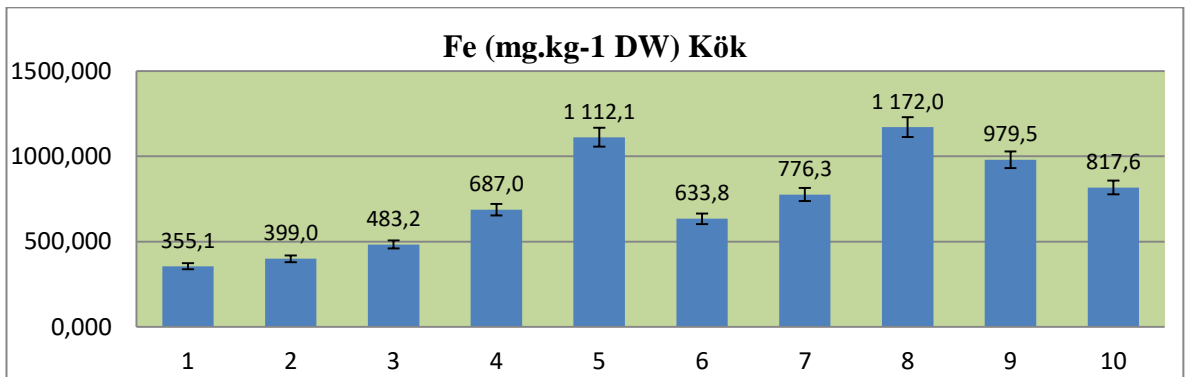
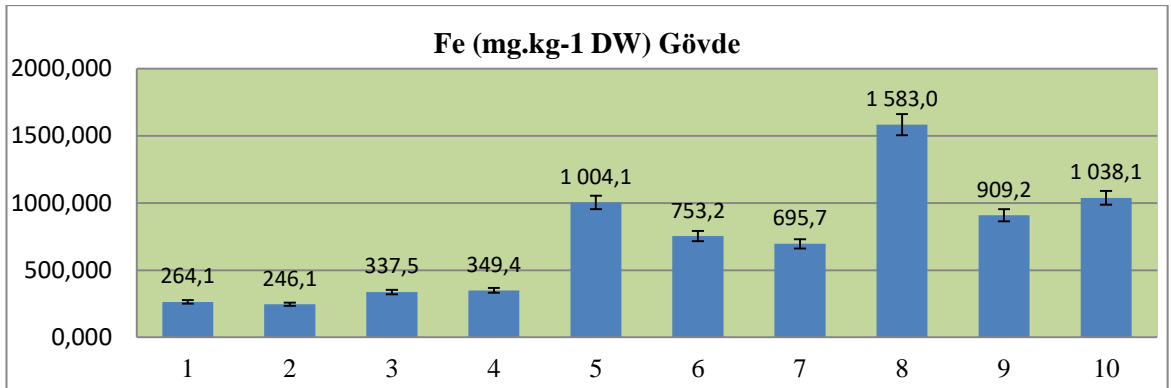
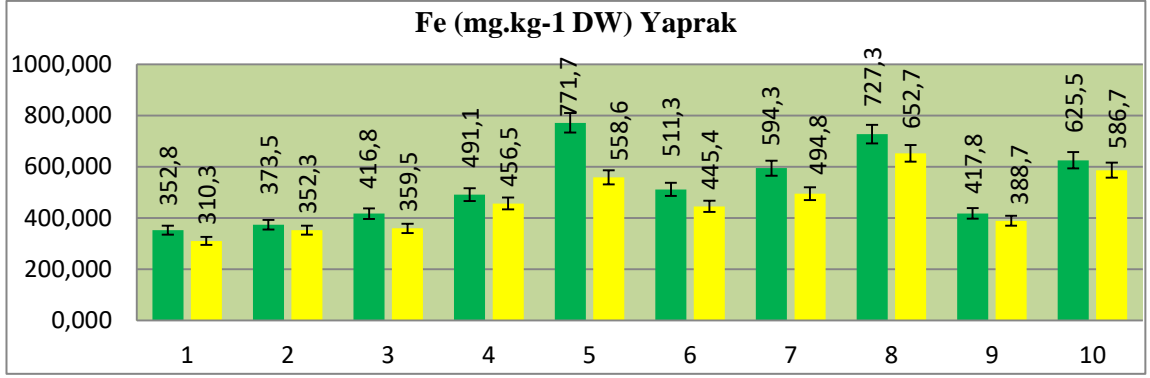
Demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 9'de gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (855.131 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (1873.924 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (350.815 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (883.311 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (1473.201 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (2193.375 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.





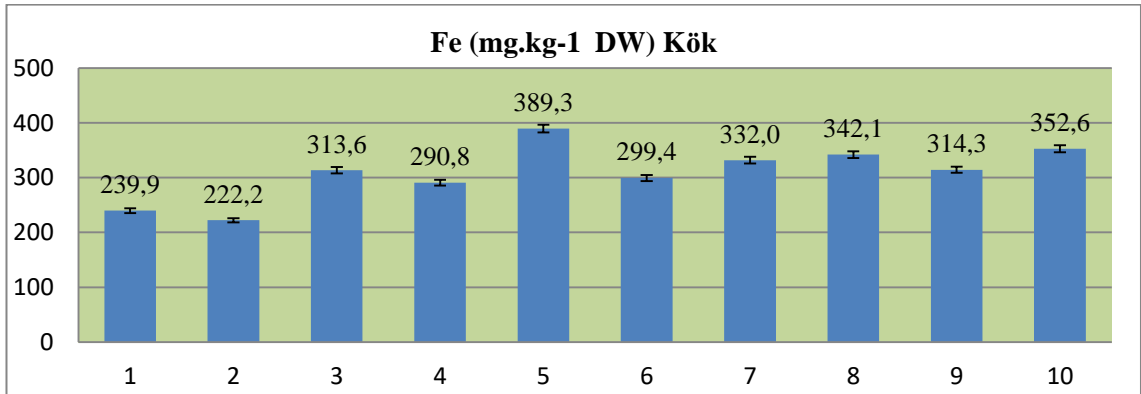
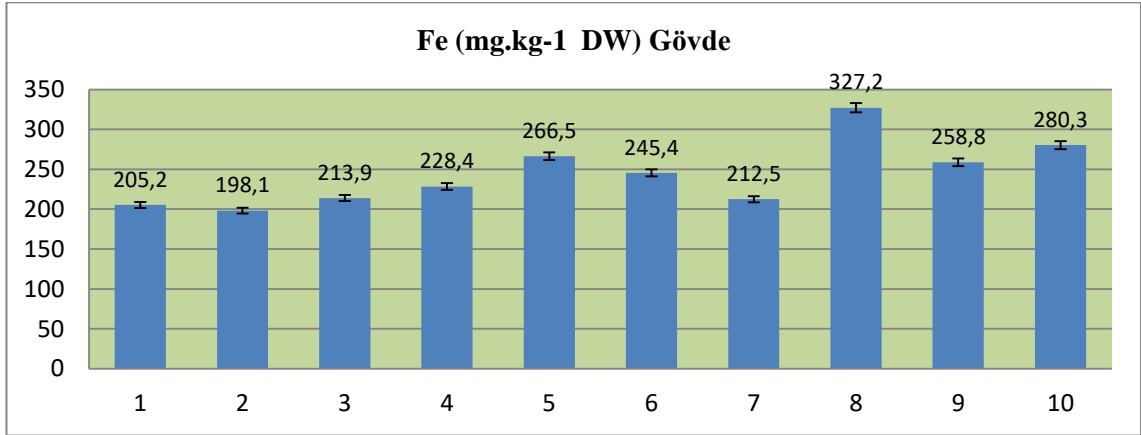
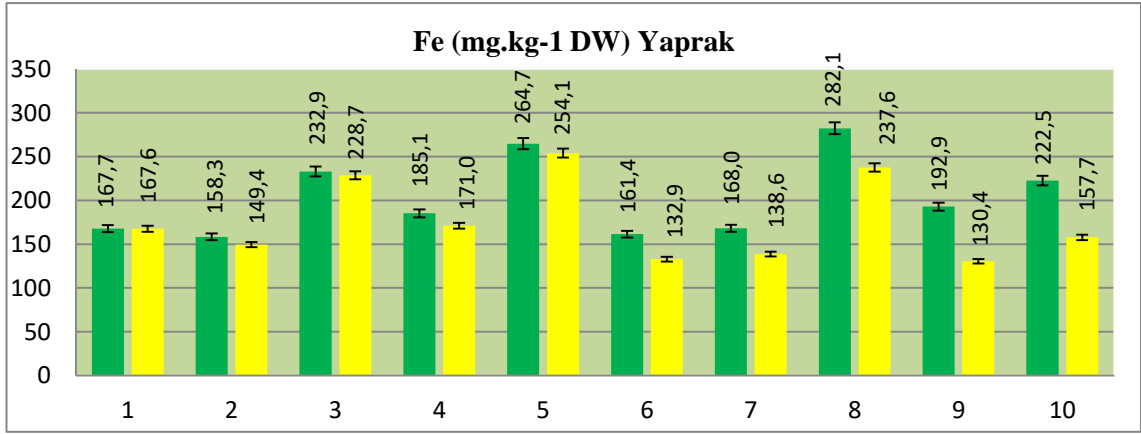
Şekil 12. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Fe miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 10'de gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (210.145 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (668.729 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (236.230 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (534.262 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (644.977 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (1541.507 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 13. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Fe miktarları (Yeşil: Yıkılmamış Yaprak ve Sarı: Yıkılmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

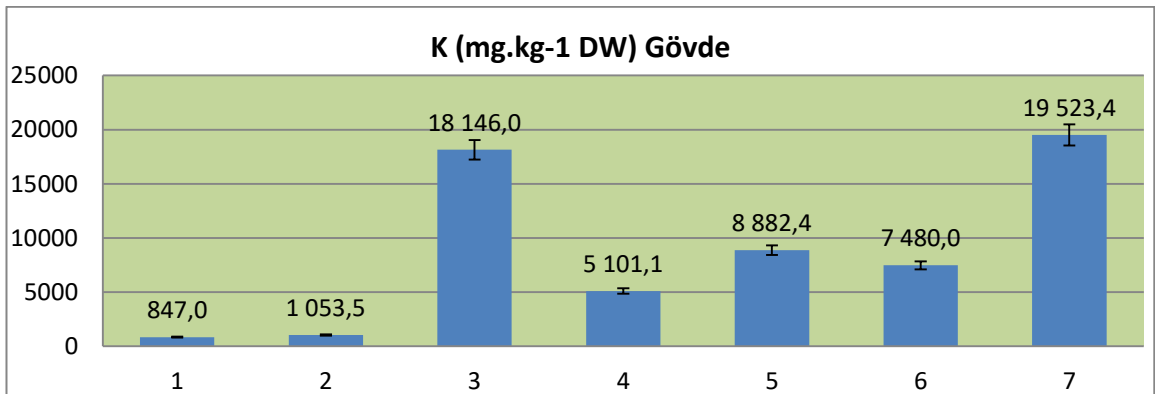
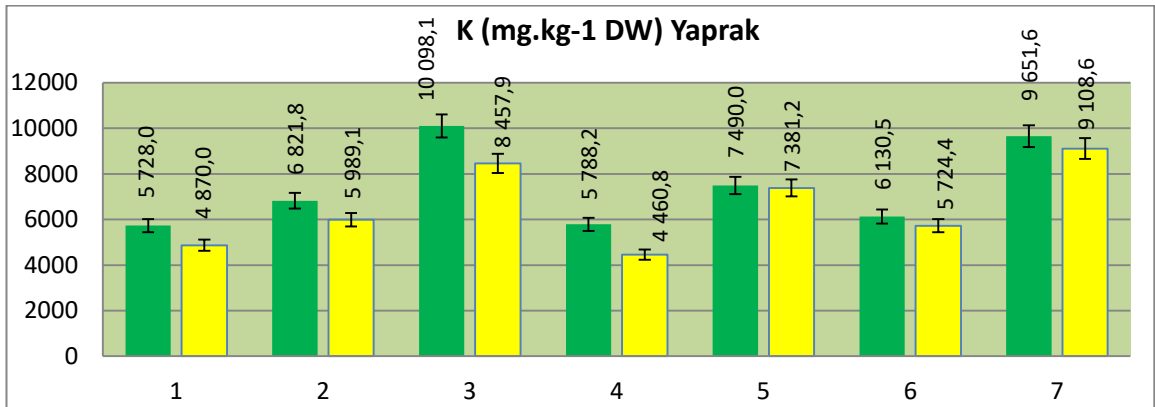
Demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 11'de gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (310.321 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 5. istasyonda (771.658 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (264.146 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (1583.012 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (355.122 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (1172.044 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

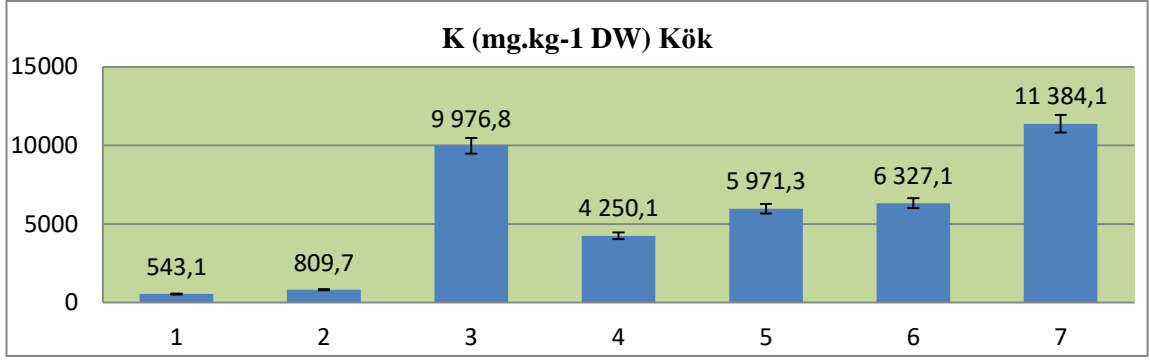


Şekil 14. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Fe miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Demir için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 12'de gösterilmiştir. Demir, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 9. istasyonda ($130.433 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda ($282.144 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda ($198.116 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 8. istasyonda ($327.210 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda ($222.164 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 5. istasyonda ($389.257 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

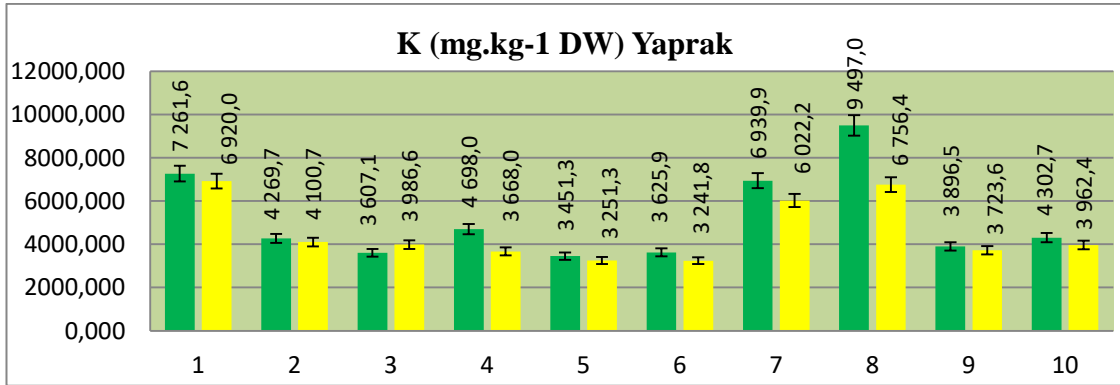
4.1.3. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin K Akümülayon Miktarları

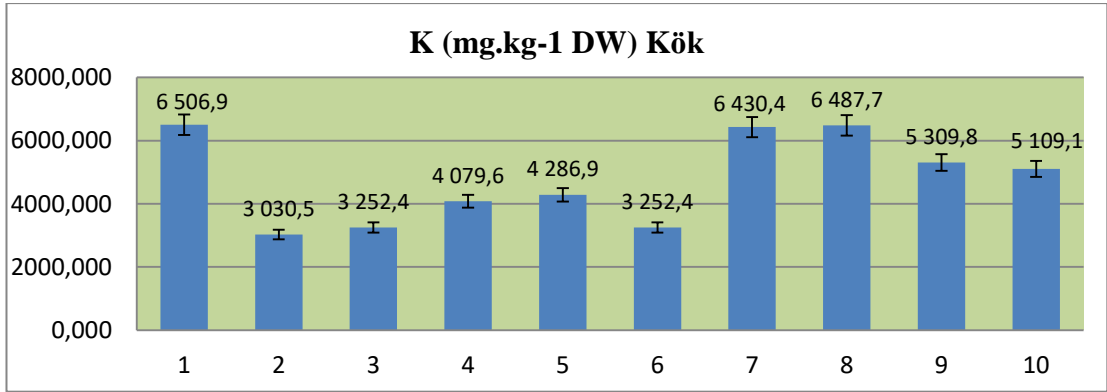
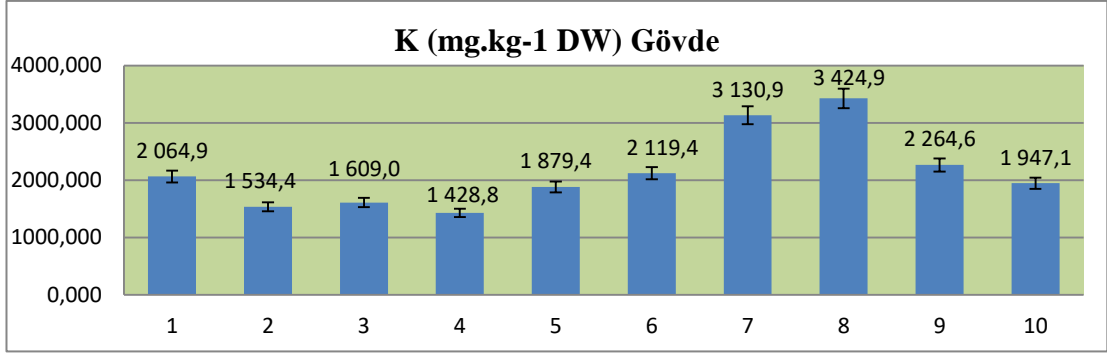




Şekil 15. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan K miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

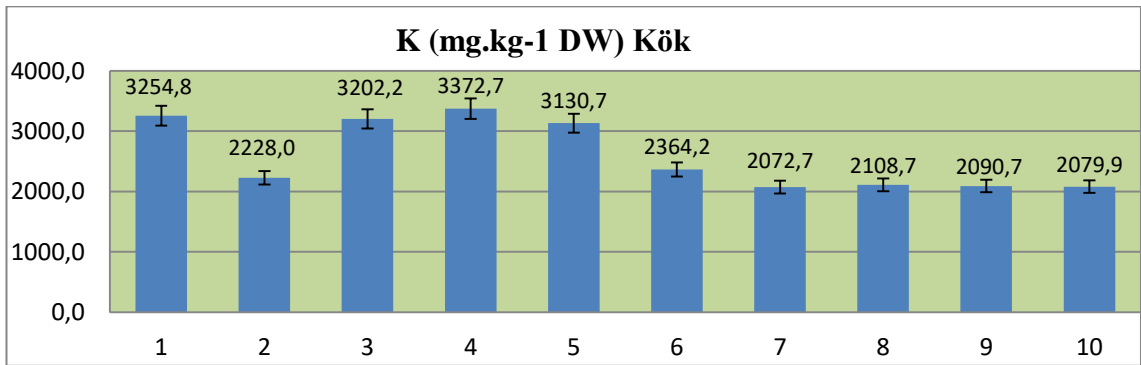
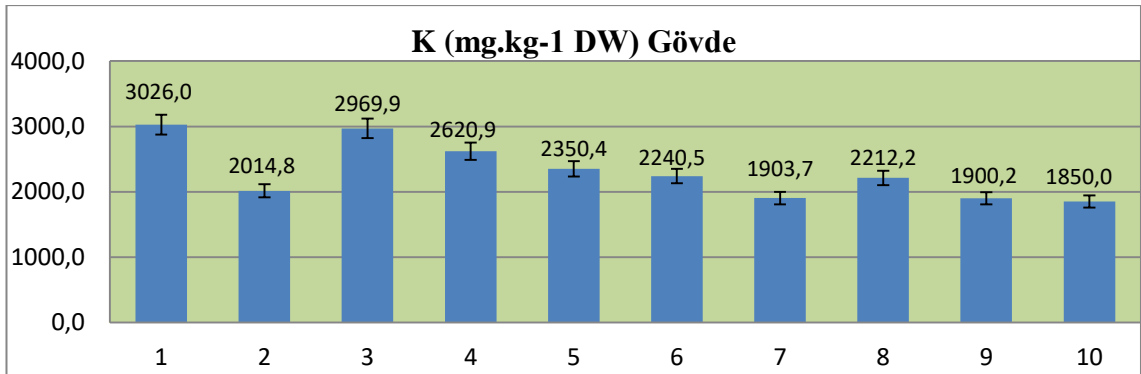
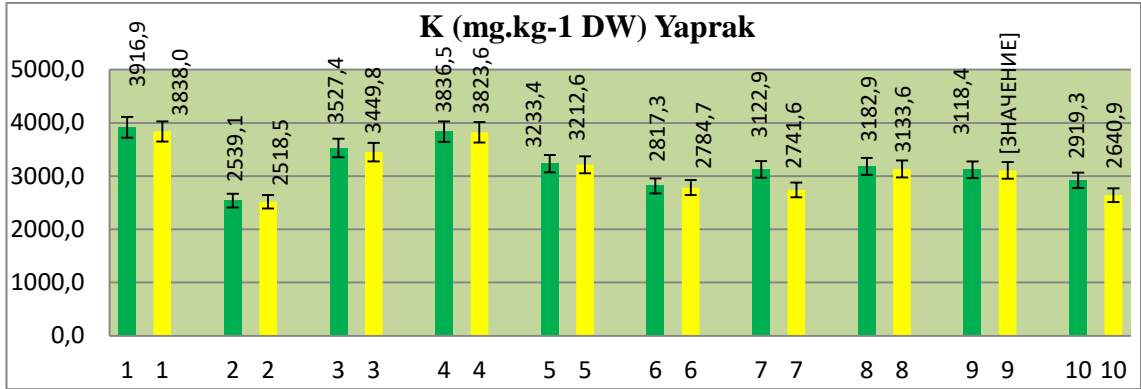
Potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 13'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 4. istasyonda (4460.769 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 3. istasyonda (10098.098 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (846.997 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (19523.417 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (543.065 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (11384.083 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.





Şekil 16. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan K miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jлуу Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

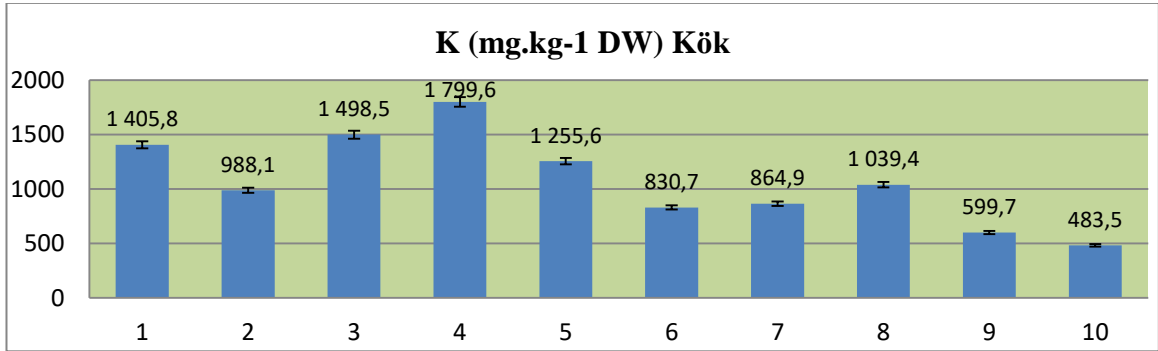
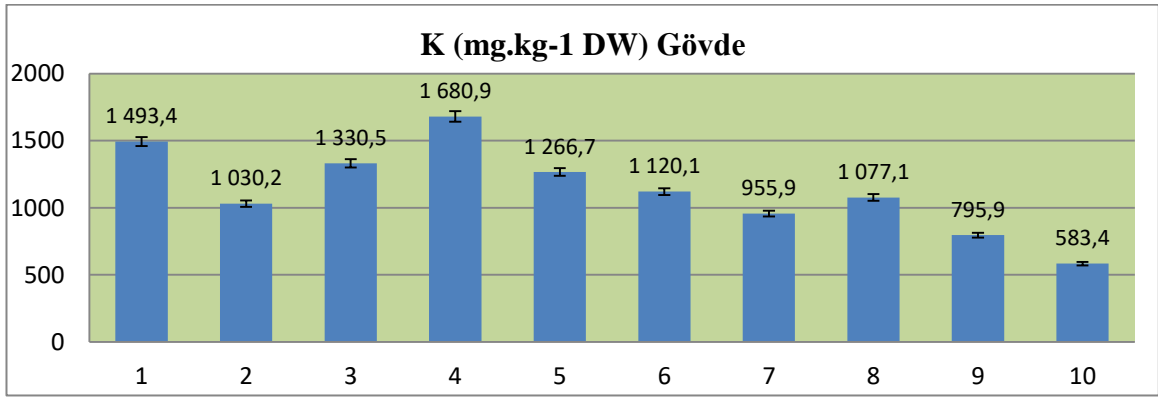
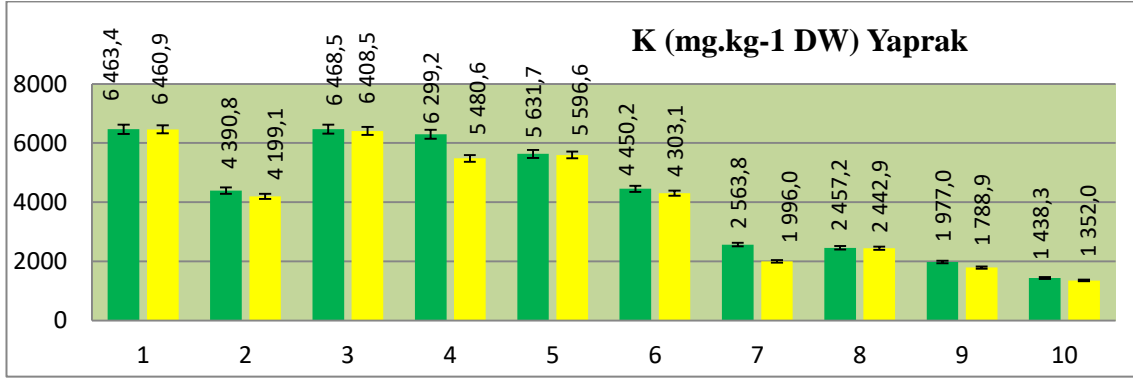
Potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 14'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 6. istasyonda (3241.764 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (9496.957 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 4. istasyonda (1428.776 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (3424.916 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (3030.452 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (6487.729 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 17. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan K miktarları (Yeşil: Yıkınmamış Yaprak ve Sarı: Yıkınmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

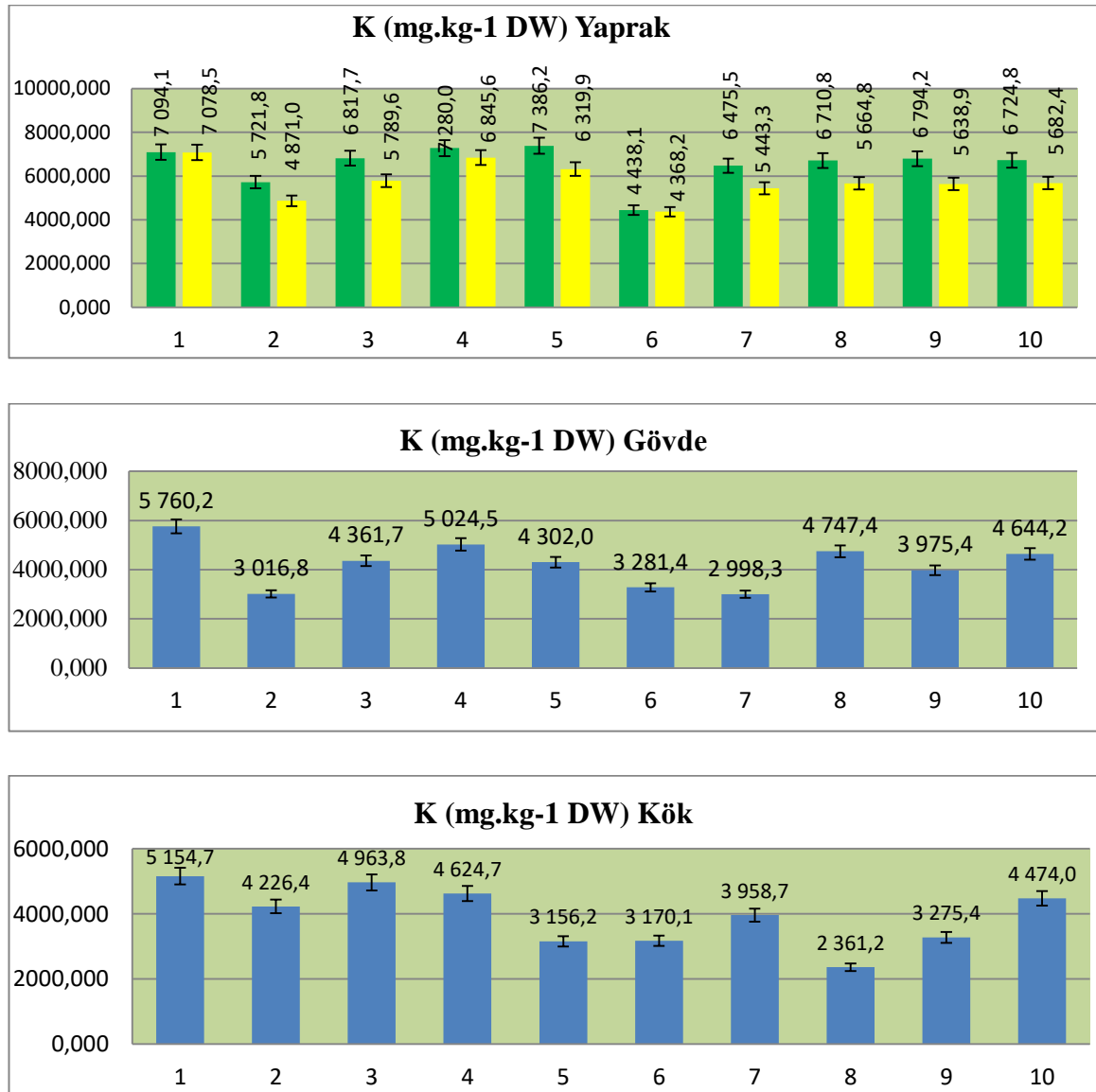
Potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 15'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (2518.51 mg.kg⁻¹ DW-yıkınmış) ve en yüksek 1. istasyonda (3916.91

mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 10. istasyonda (1850.03 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 1. istasyonda (3026.03 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 10. istasyonda (2079.86 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 1. istasyonda (3254.80 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 18. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan K miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu).

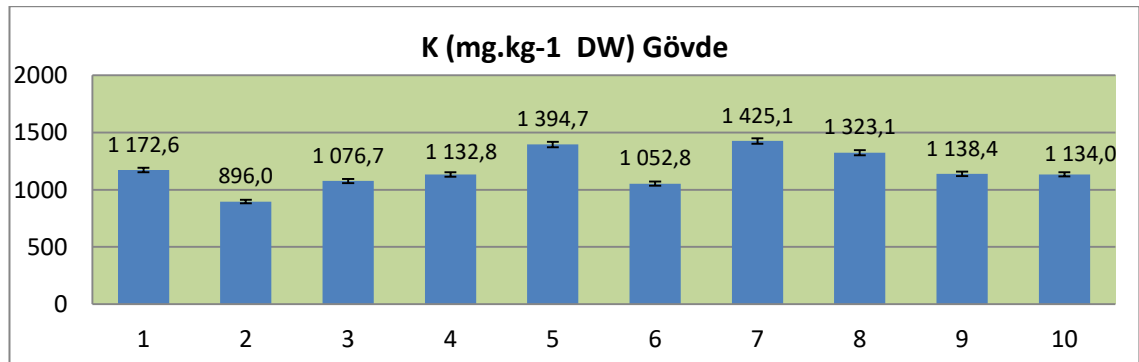
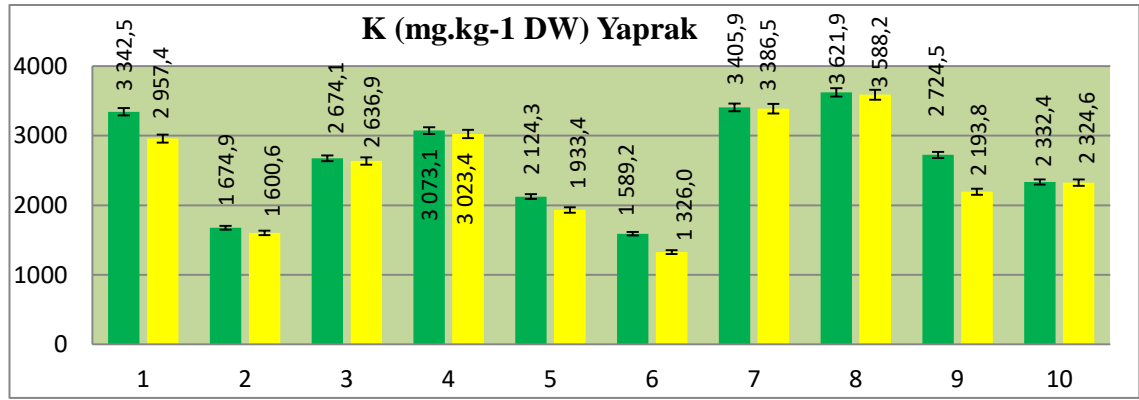
Potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 16'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 10. istasyonda (1352.002 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 3. istasyonda (6468.461 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 10. istasyonda (583.384 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (1680.867 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 10. istasyonda (483.452 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (1799.624 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

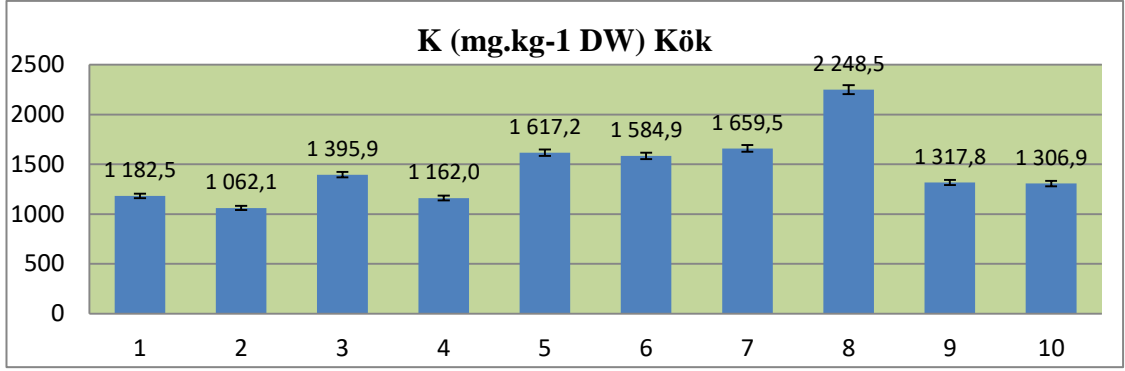


Şekil 19. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan K miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-

Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 17'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 6. istasyonda ($4368.245 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 4. istasyonda ($7279.968 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 7. istasyonda ($2998.269 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 1. istasyonda ($5760.233 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 8. istasyonda ($2361.245 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 1. istasyonda ($5154.729 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

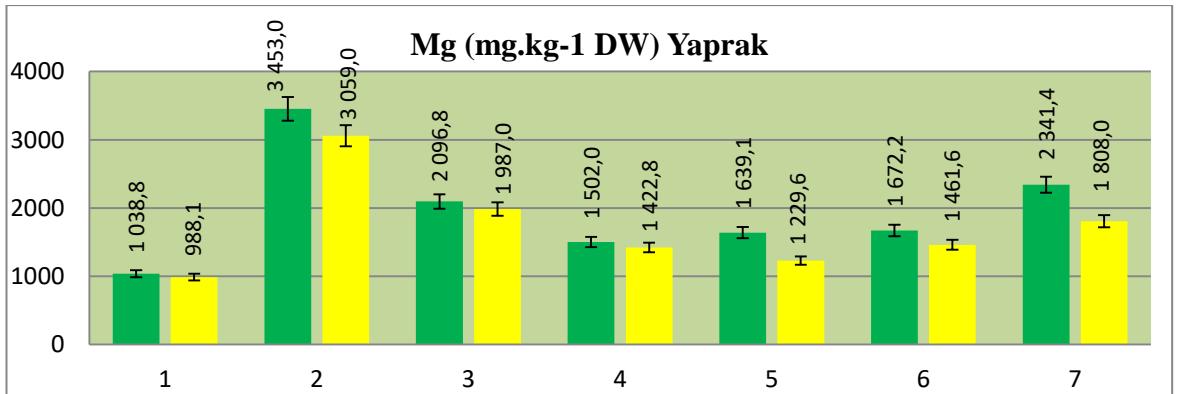


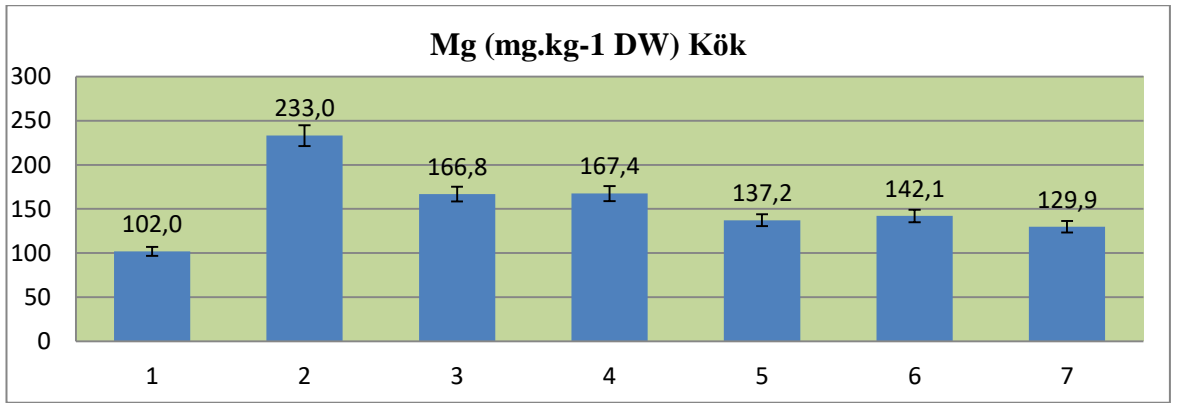
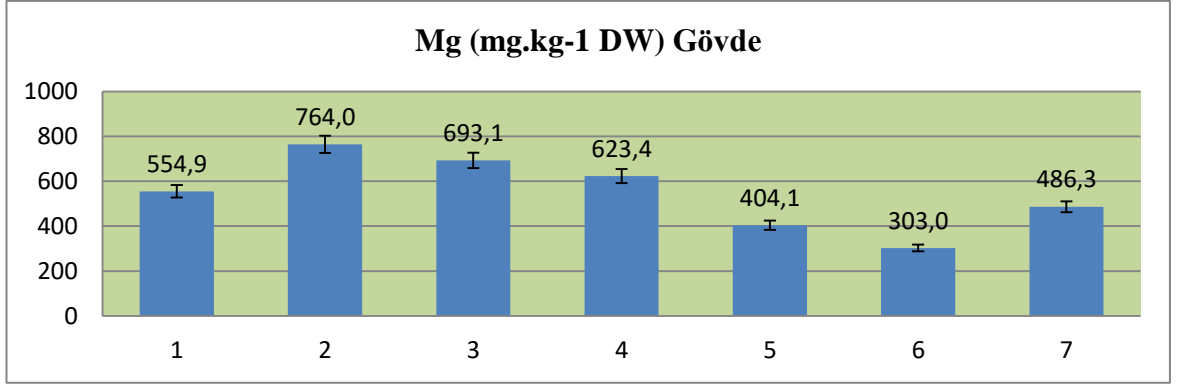


Şekil 20. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan K miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Potasyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 18'de gösterilmiştir. Potasyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 6. istasyonda (1325.974 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (3621.906 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (896.032 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (1425.110 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (1062.116 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (2248.469 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

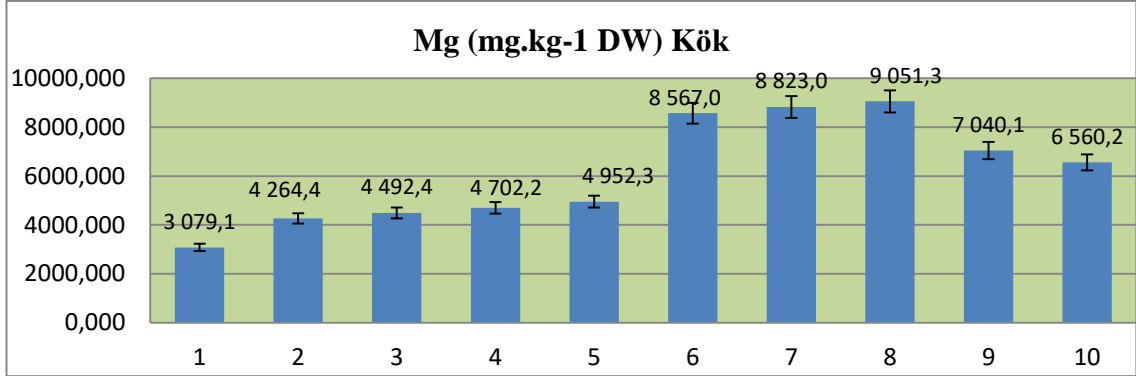
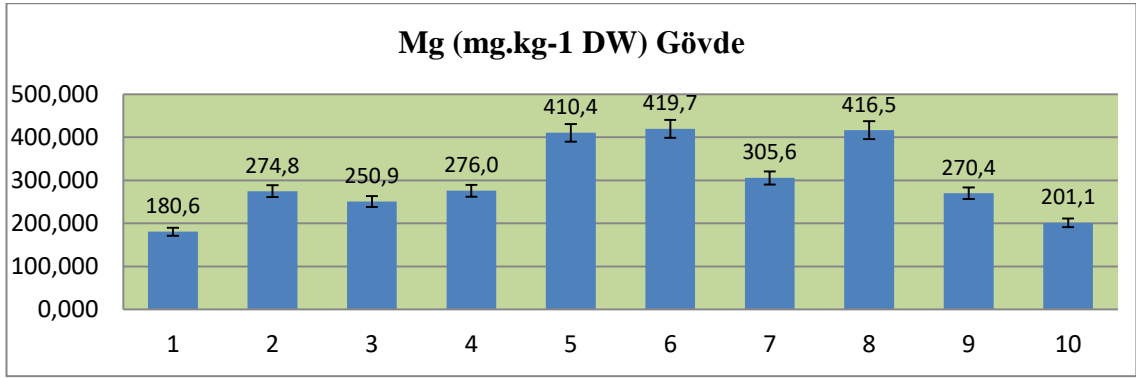
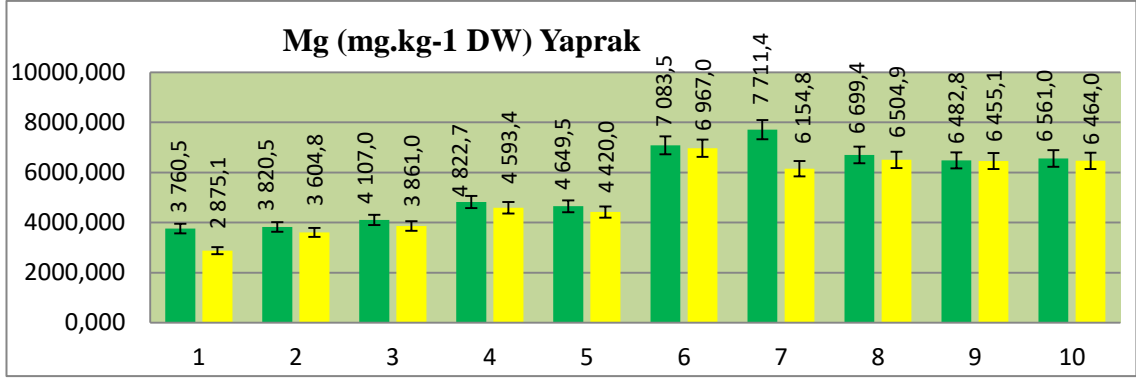
4.1.4. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Mg Akümülayon Miktarları





Şekil 21. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Mg miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

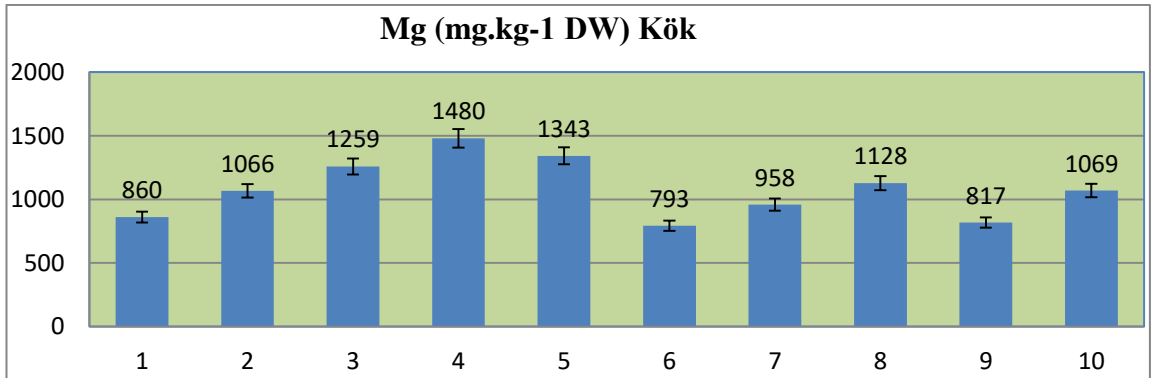
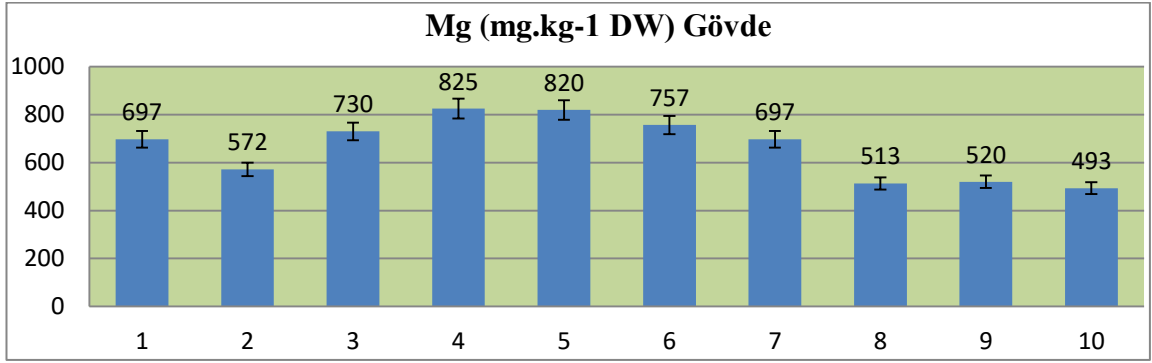
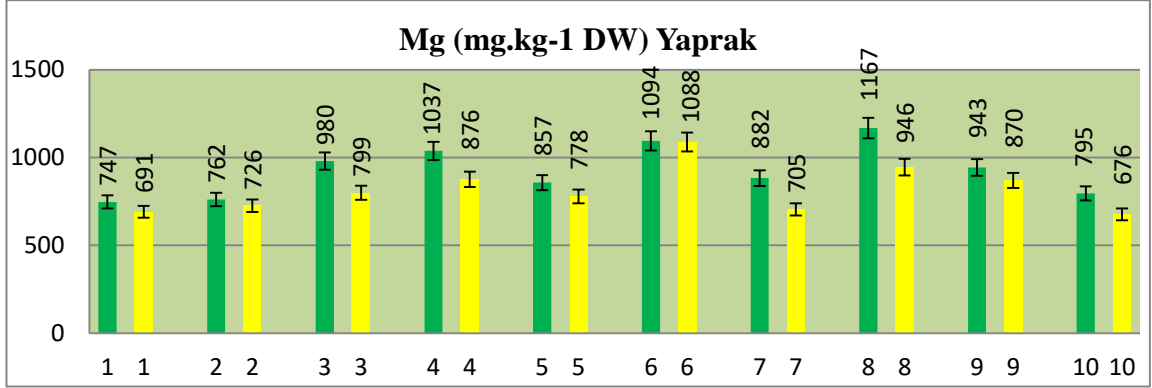
Magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 19'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (988.088 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 2. istasyonda (3452.997 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 6. istasyonda (303.046 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 2. istasyonda (764.044 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (101.951 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 2. istasyonda (233.043 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 22. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Mg miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

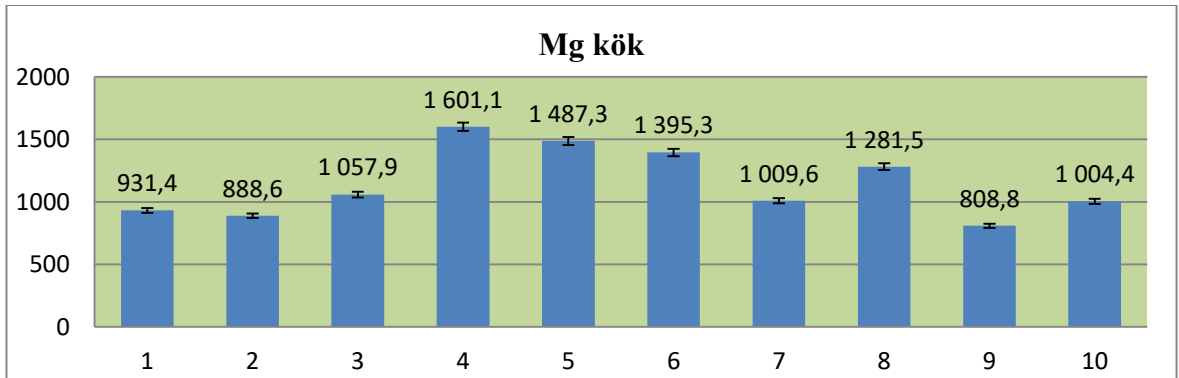
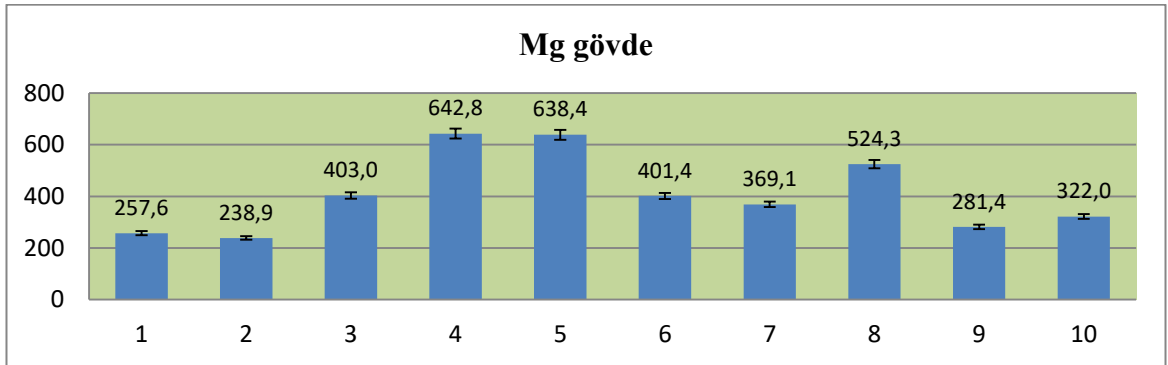
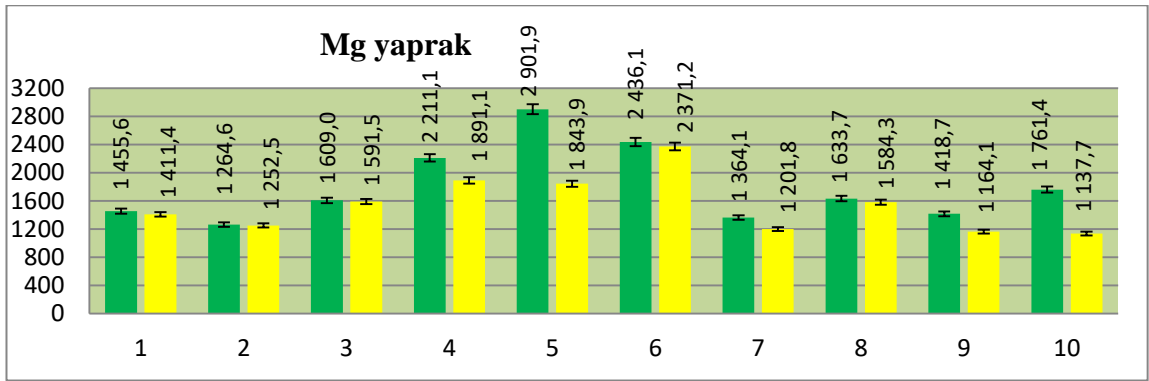
Magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 20'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (2875.054 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (7711.393 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (180.589 mg.kg⁻¹

DW) ve en yüksek 6. istasyonda ($419.735 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ DW}$); ve kökte en düşük 1. istasyonda ($3079.113 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ DW}$) ve en yüksek 8. istasyonda ($9051,318 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ DW}$) tespit edilmiştir.



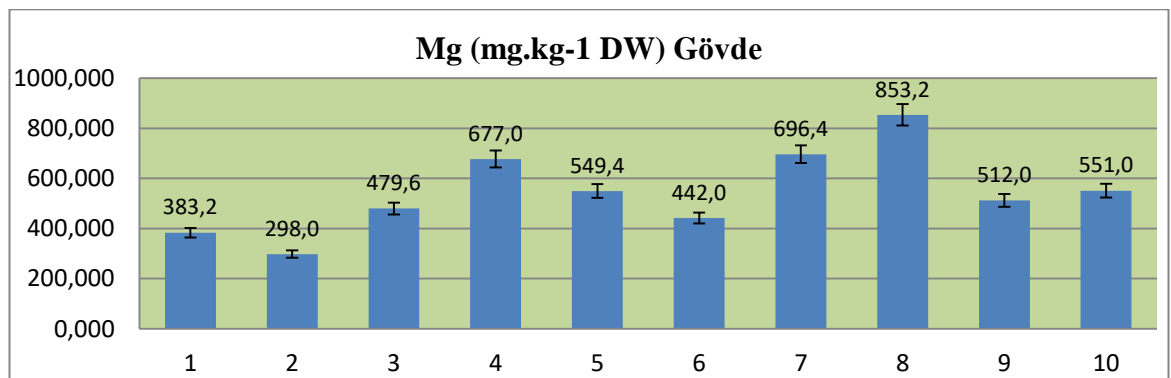
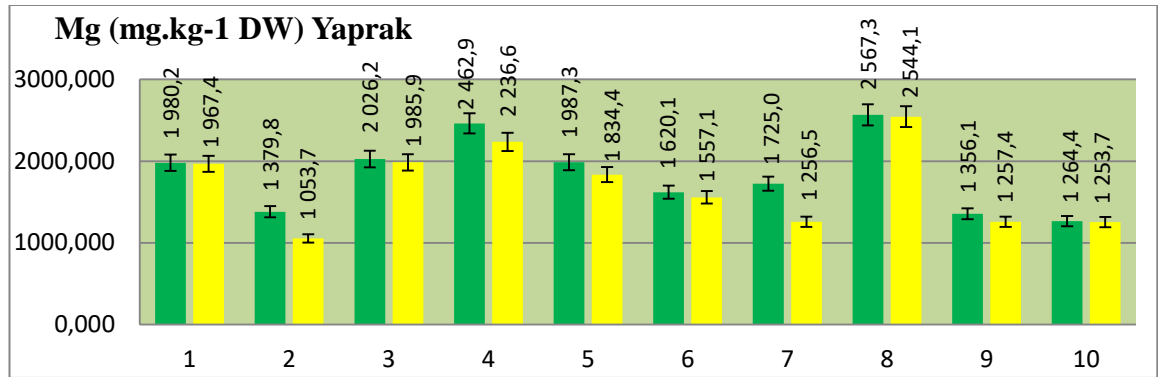
Şekil 23. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Mg miktarları (Yeşil: Yıkılmamış Yaprak ve Sarı: Yıkılmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

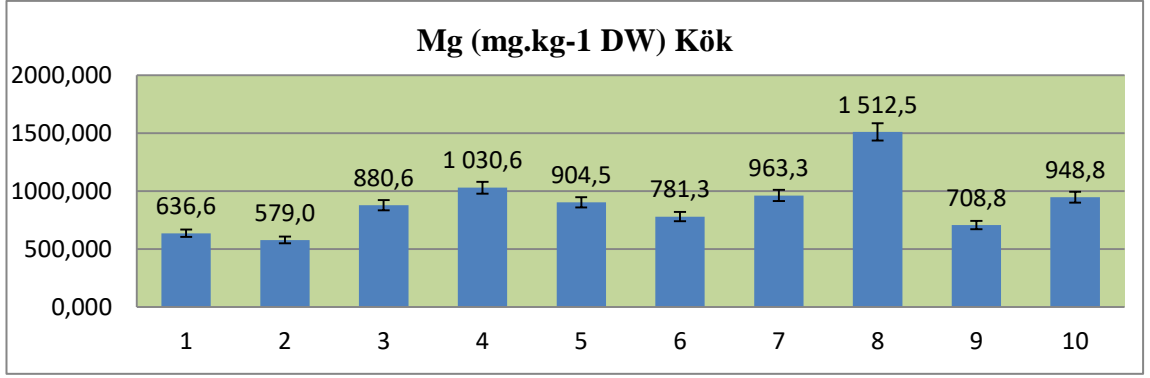
Magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 21'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 10. istasyonda (676.319 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (1166.995 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 10. istasyonda (493.054 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (825.045 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 6. istasyonda (792.528 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (1480.020 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 24. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Mg miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

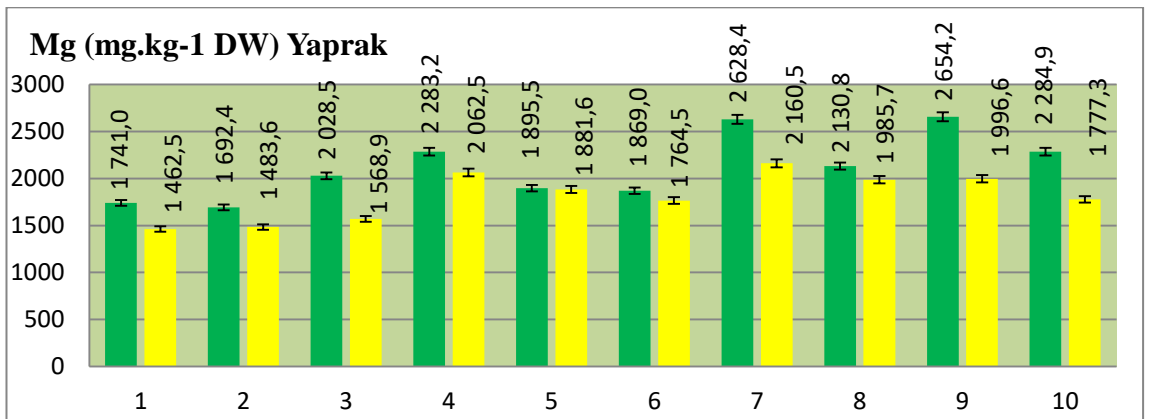
Magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 22'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 10. istasyonda ($1137.679 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 5. istasyonda ($2901.921 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda ($257.579 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 4. istasyonda ($642.762 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 9. istasyonda ($808.755 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 4. istasyonda ($1601.059 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

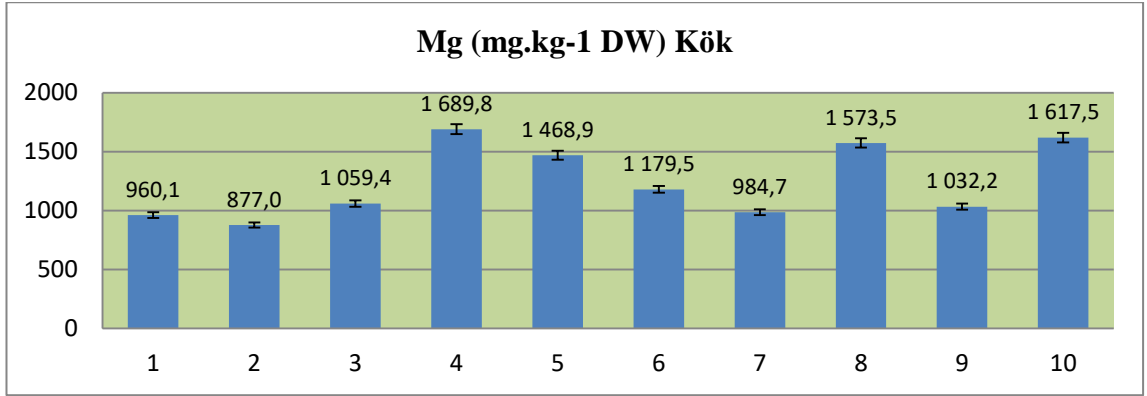
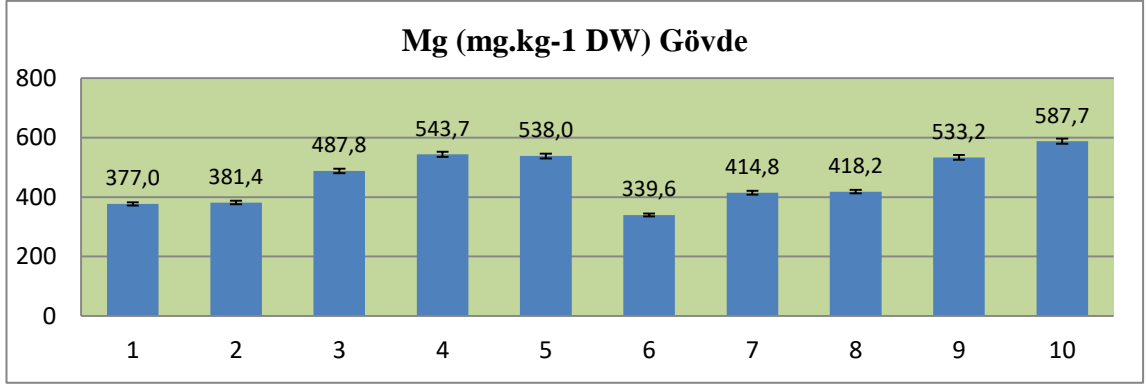




Şekil 25. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Mg miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 23'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (1053.710 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (2567.252 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (298.007 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (853.223 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (578.983 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (1512.506 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

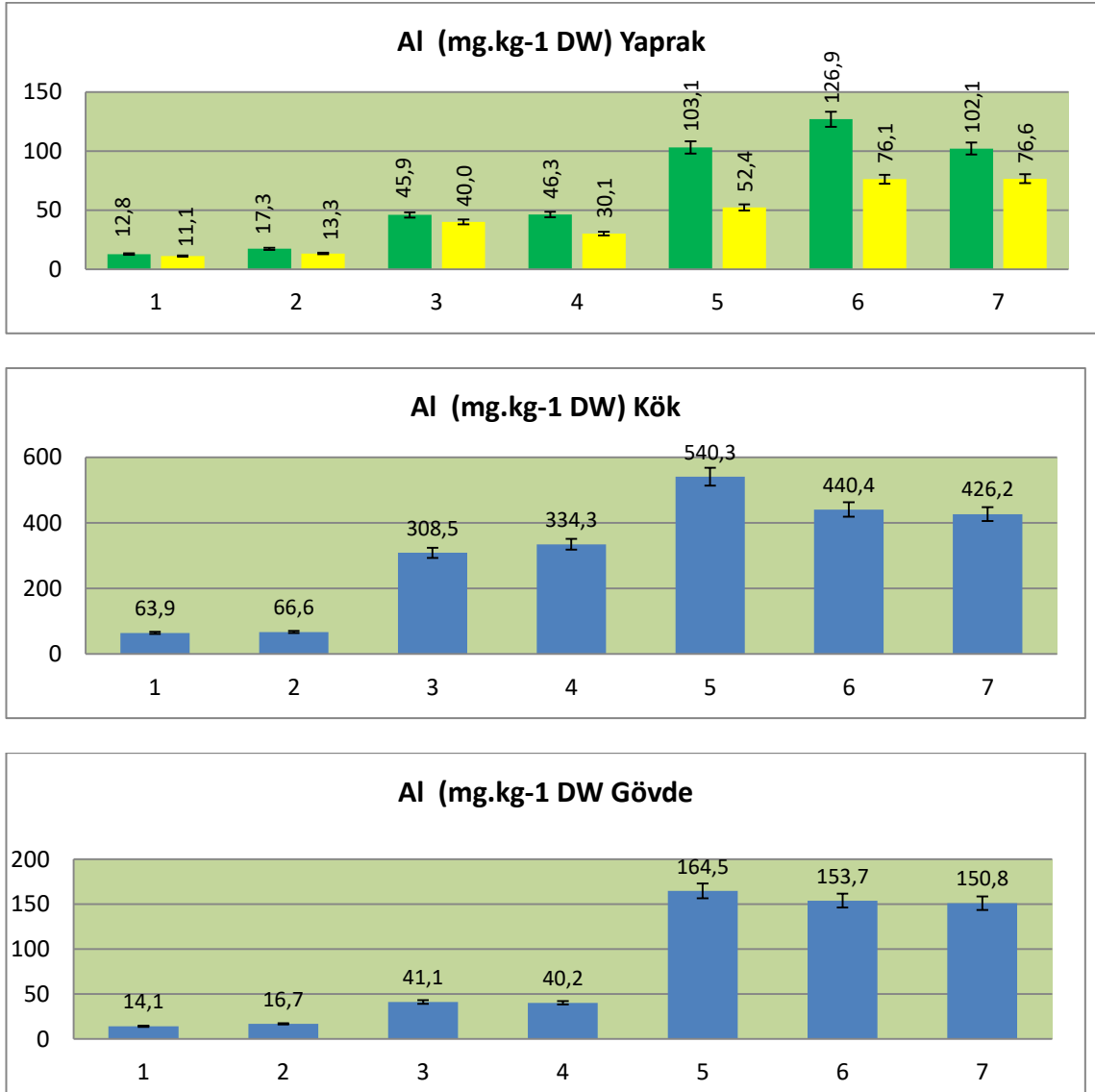




Şekil 26. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Mg miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Magnezyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 24'de gösterilmiştir. Magnezyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (1462.458 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 9. istasyonda (2654.158 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 6. istasyonda (339.606 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (587.720 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (877.011 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (1689.781 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

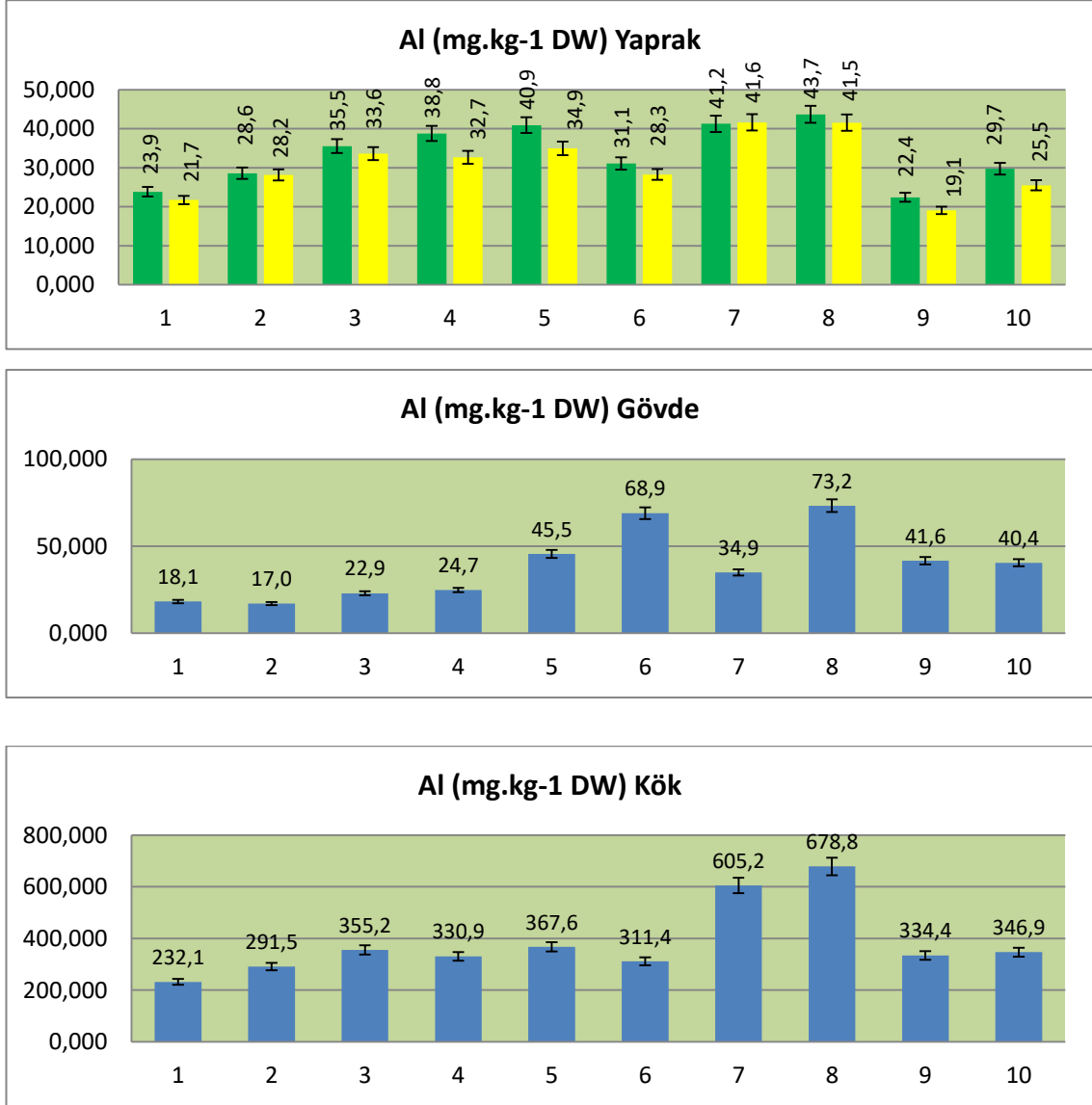
4.1.5. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Al Akümülyasyon Miktarları



Şekil 27. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Al miktarları (Yeşil: Yıkılmamış Yaprak ve Sarı: Yıkılmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

Alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 25'de gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (11.092 mg.kg⁻¹ DW-yıkılmış) ve en yüksek 6. istasyonda (126.928 mg.kg⁻¹ DW-yıkılmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (14.106 mg.kg⁻¹

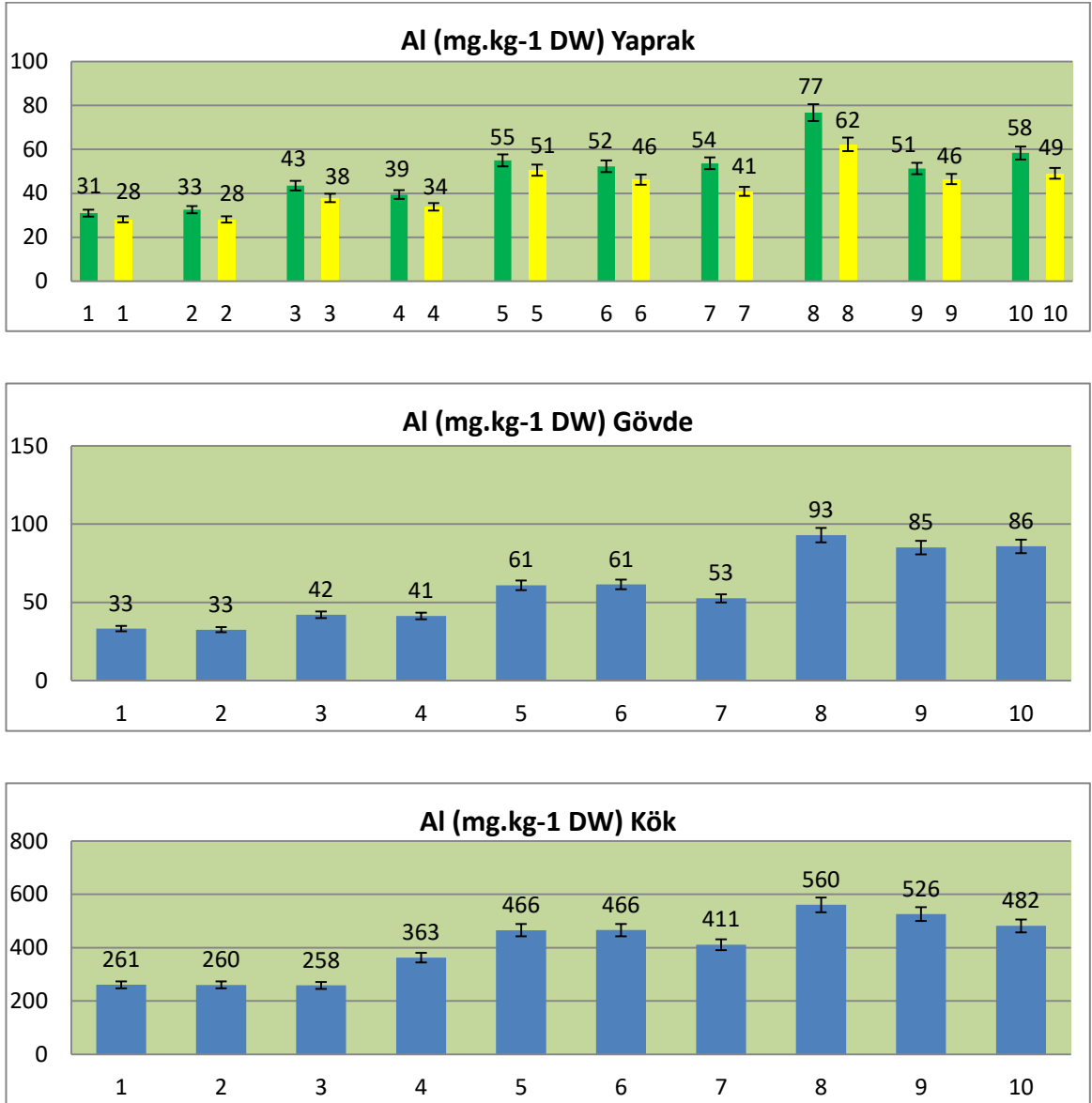
DW) ve en yüksek 5. istasyonda (164.476 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (63.896 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (540.319 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 28. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Al miktarları (Yeşil: Yıkamamış Yaprak ve Sarı: Yıkamış Yaprak) (1. İstasyon: Jiluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

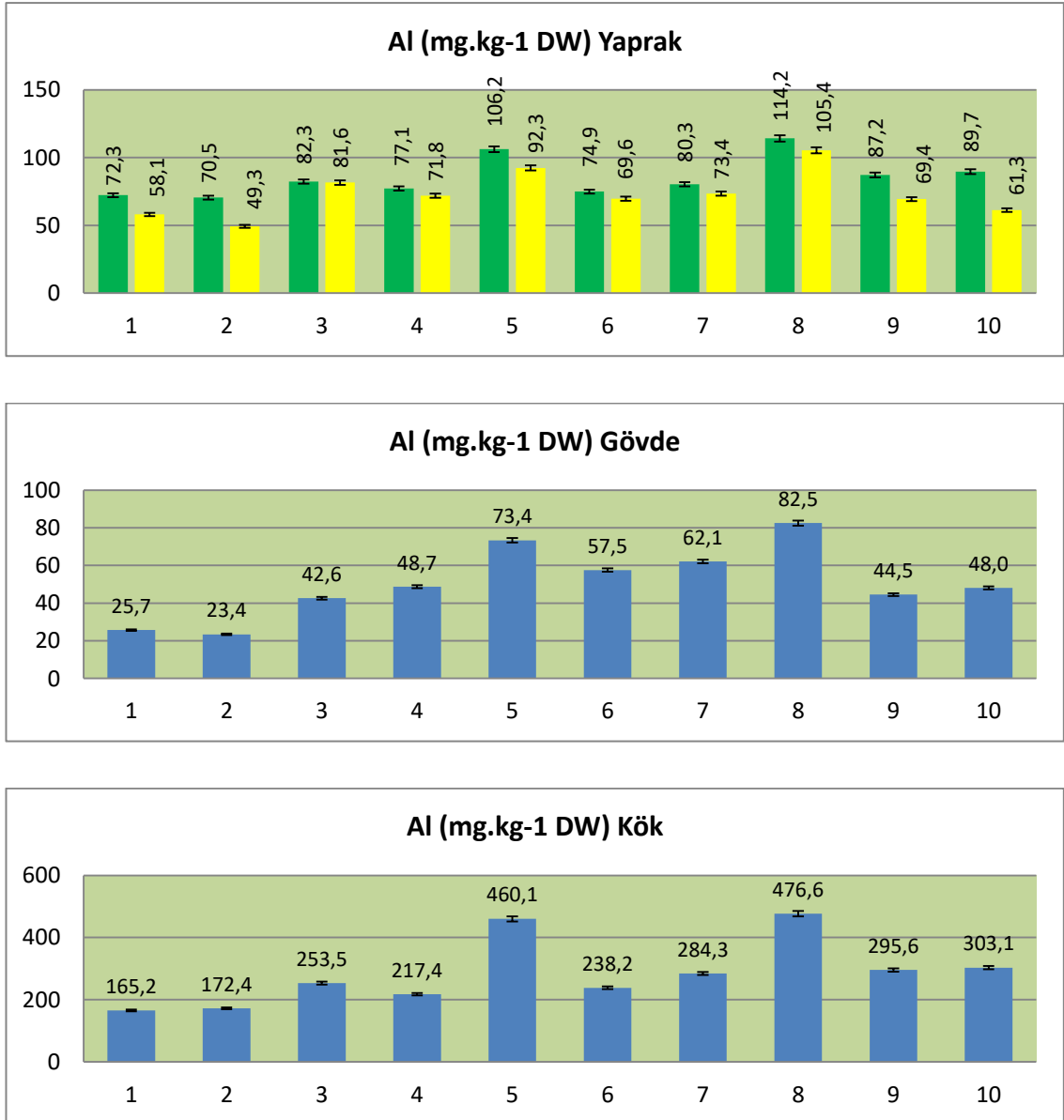
Alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW

cinsinden Şekil 26’de gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 9. istasyonda (19.098 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (41.623 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (16.962 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (73.196 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (232.072 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (678.785 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 29. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Al miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

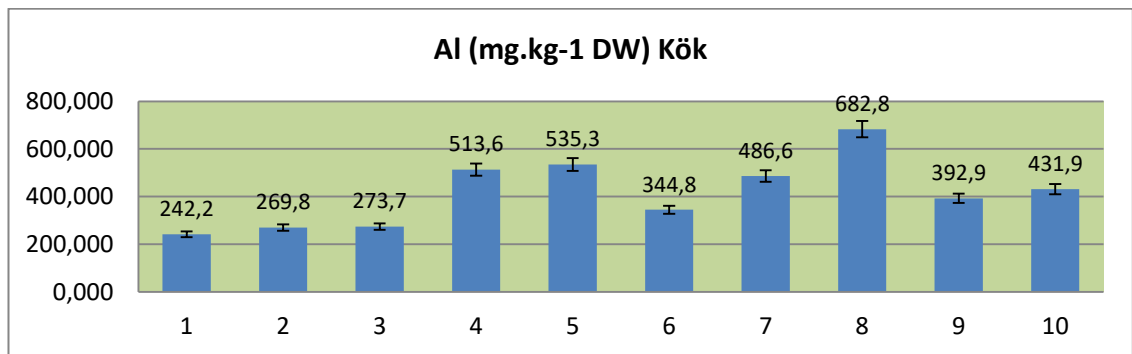
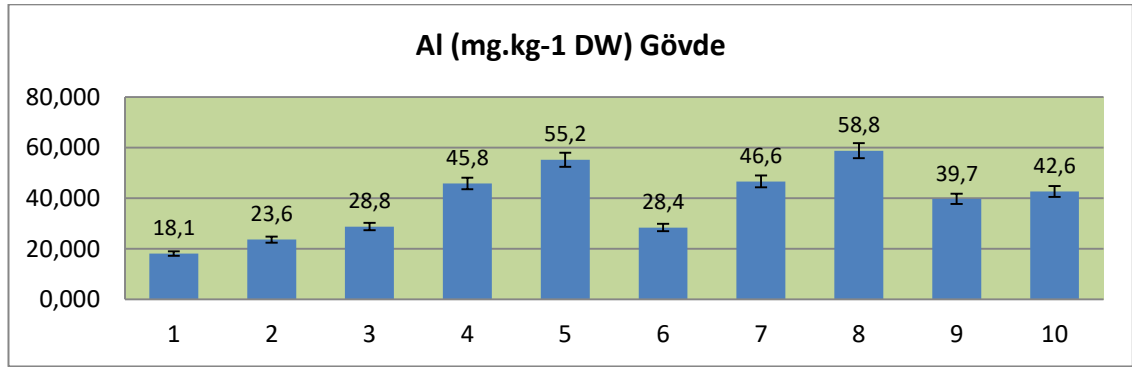
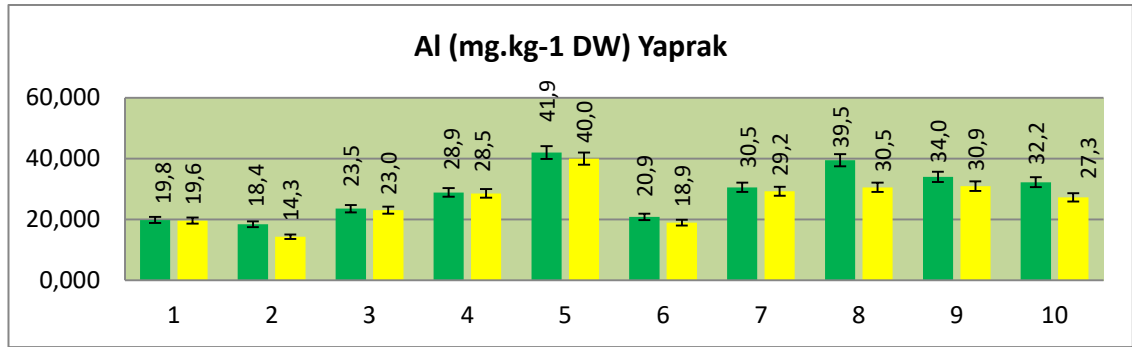
Alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 27'de gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (28.067 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (76.781 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (33.210 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (92.950 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (258.326 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (560.424 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 30. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Al miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-

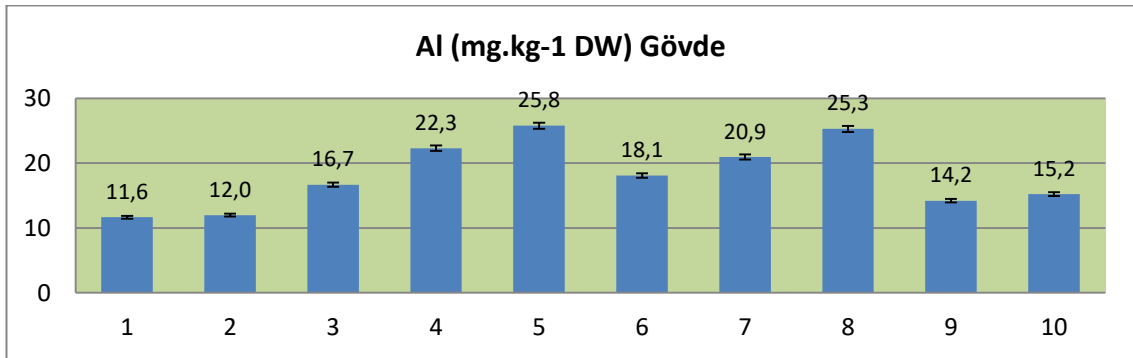
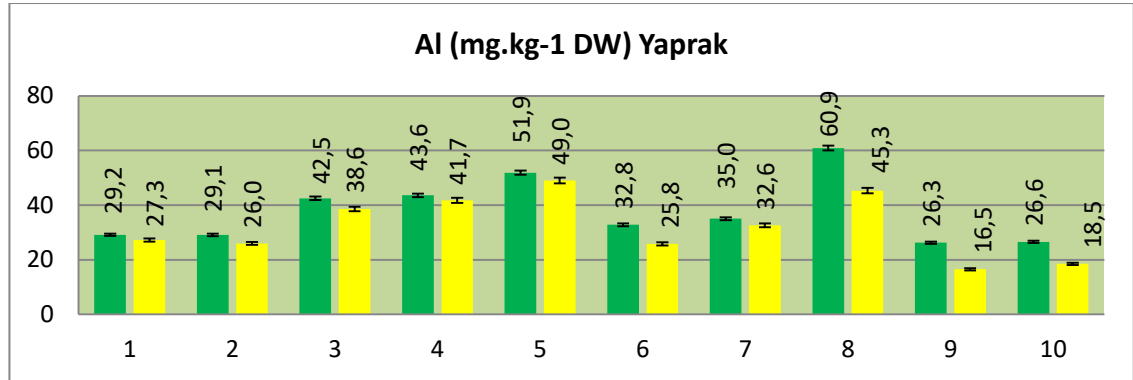
Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

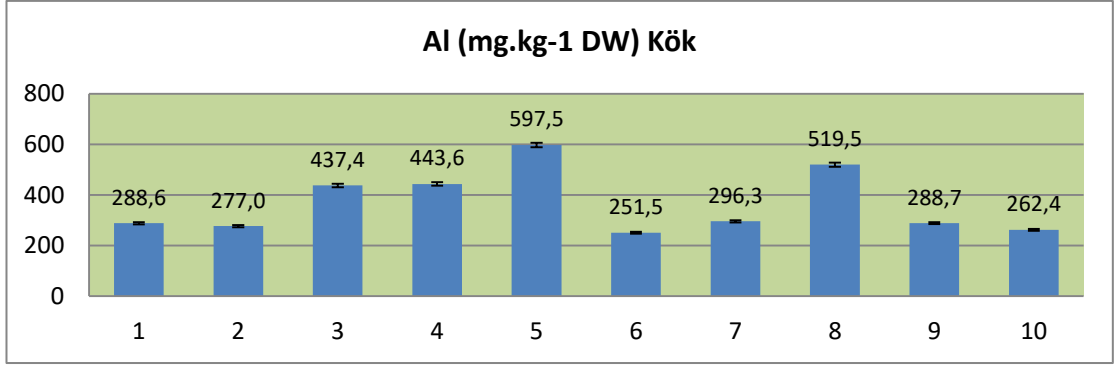
Alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 28'de gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (49.301 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (114.158 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (23.374 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (82.497 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (165.208 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (476.589 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 31. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Al miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 29'da gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda ($14.281 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 5. istasyonda ($41.927 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda ($18.105 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 8. istasyonda ($58.774 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda ($242.202 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 8. istasyonda ($682.809 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

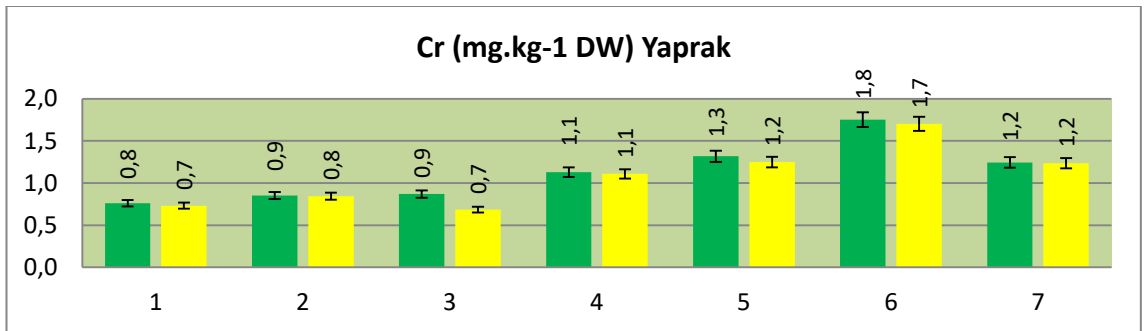


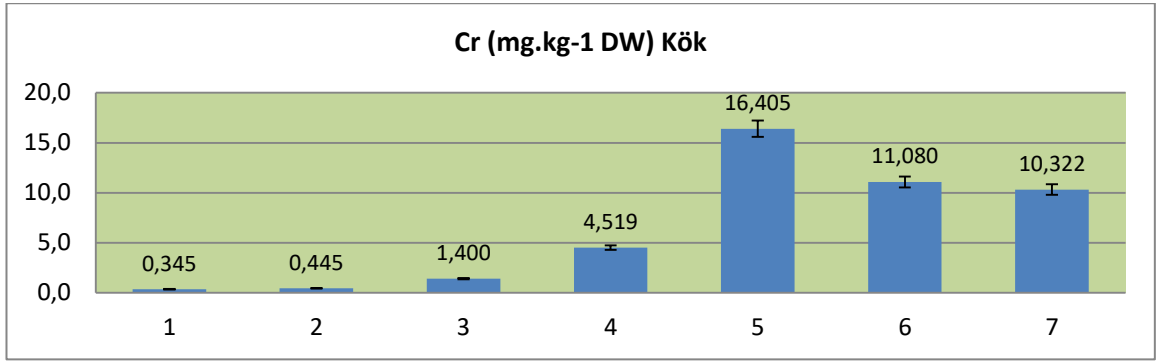
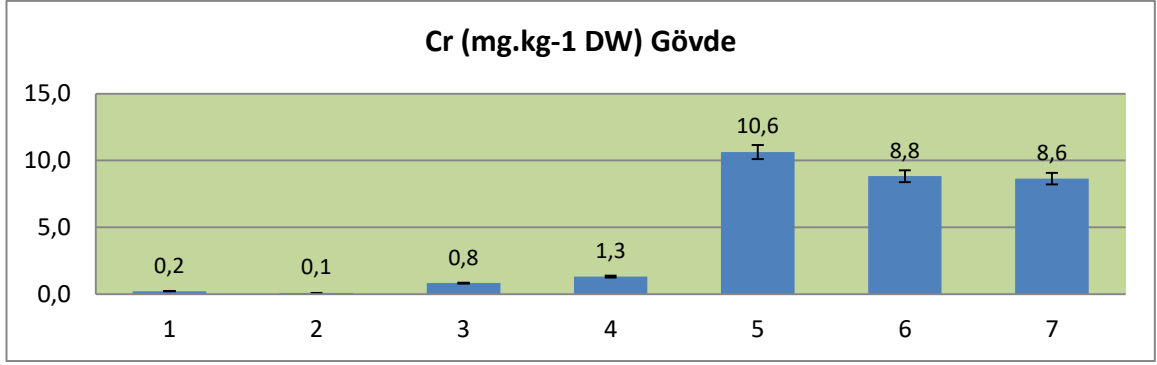


Şekil 32. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Al miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Alüminyum için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 30'da gösterilmiştir. Alüminyum, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 9. istasyonda (16.526 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda (60.895 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (11.649 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (25.764 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 6. istasyonda (251.484 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (597.505 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

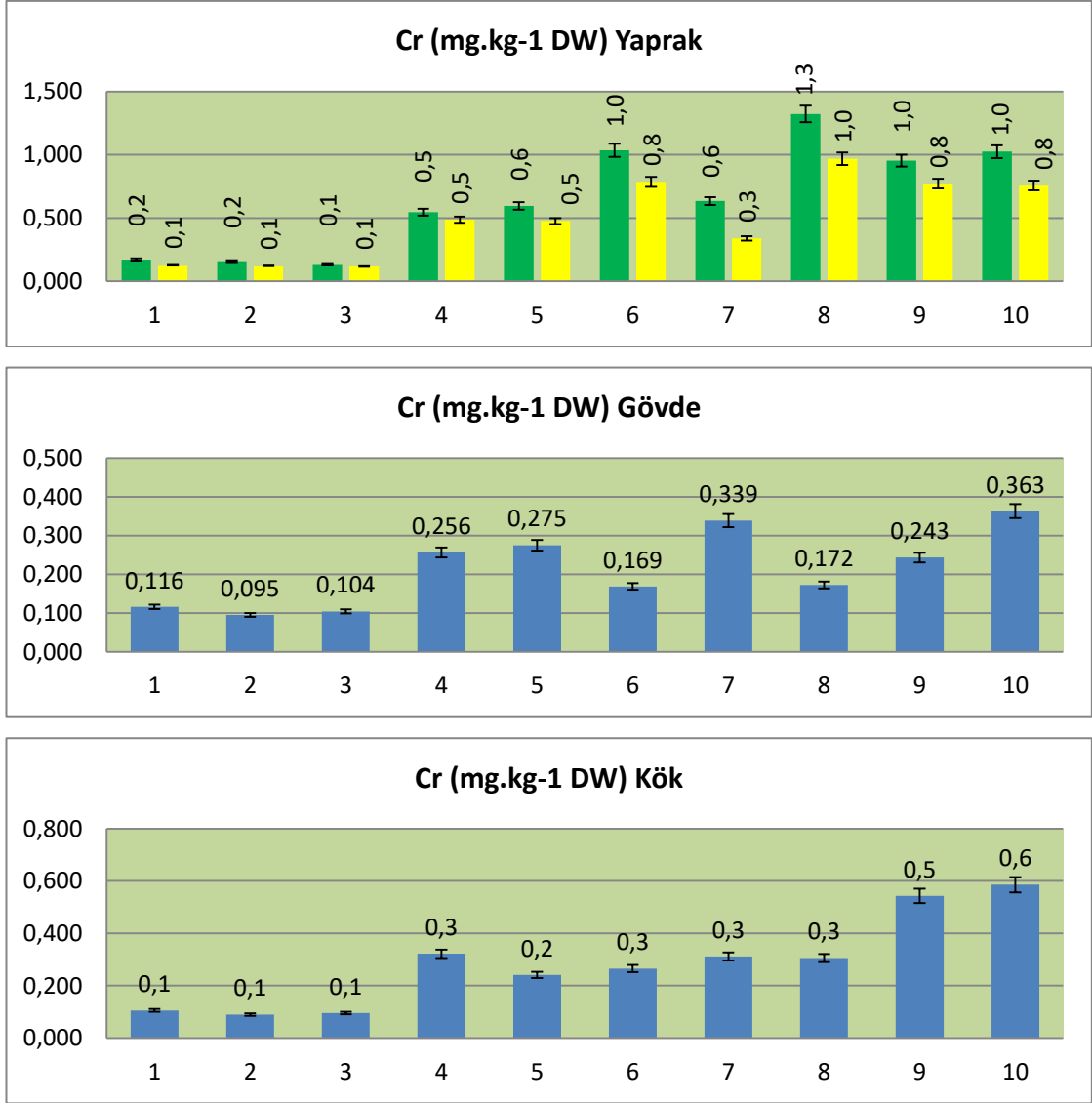
4.1.6. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Cr Akümülyasyon Miktarları





Şekil 33. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Cr miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

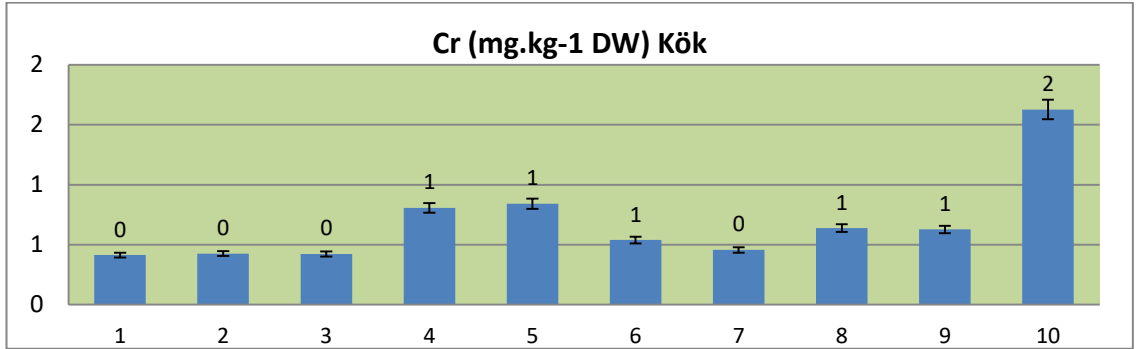
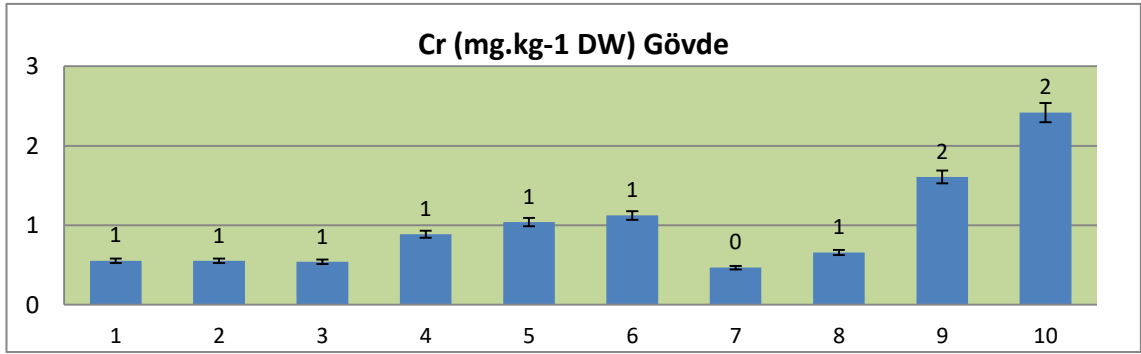
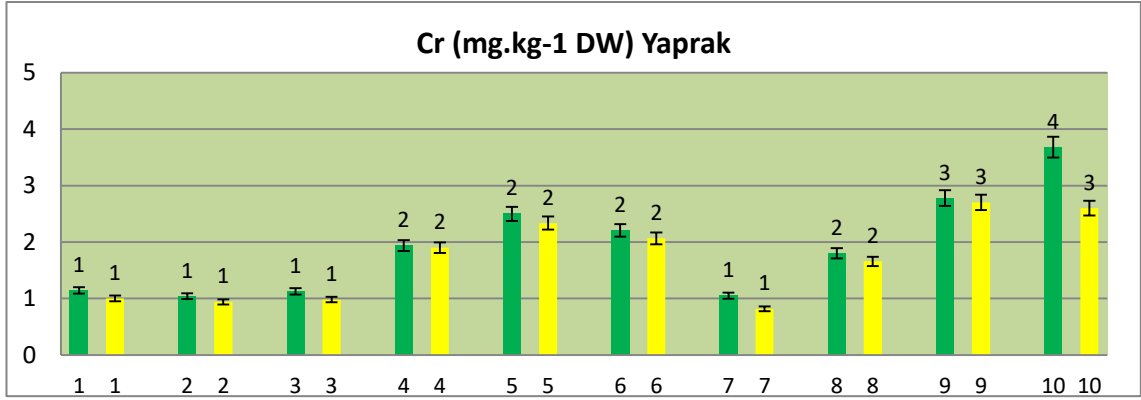
Krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 31'da gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (0.686 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 6. istasyonda (1.750 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (0.104 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (10.638 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (0.345 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (16.405 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 34. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Cr miktarları (Yeşil: Yıkınmamış Yaprak ve Sarı: Yıkınmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 32'de gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (0.121 mg.kg⁻¹ DW-yıkınmış) ve en yüksek 8. istasyonda (1.322 mg.kg⁻¹ DW-yıkınmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (0.095 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (0.363

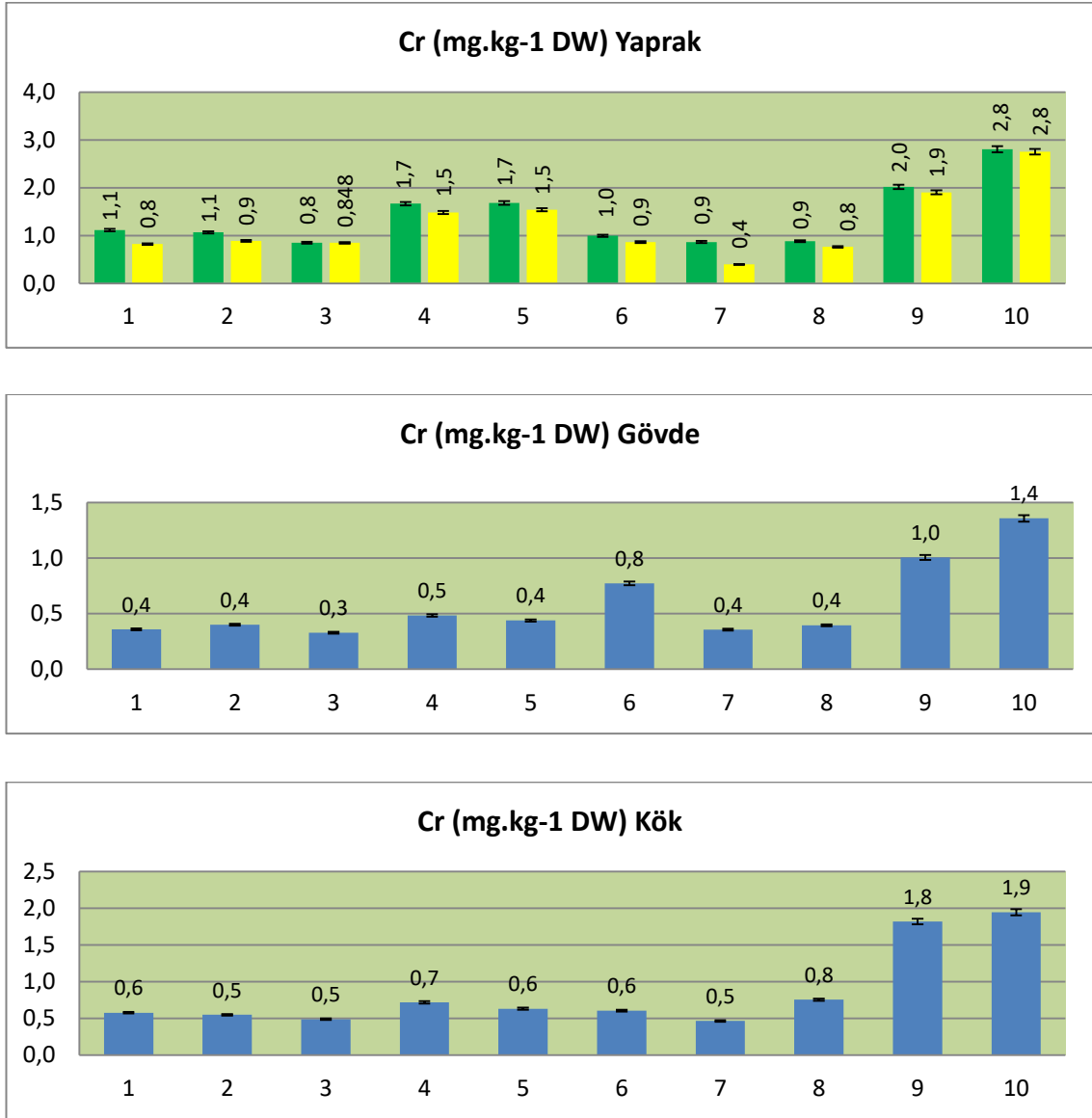
mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (0.090 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (0.585 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 35. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Cr miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

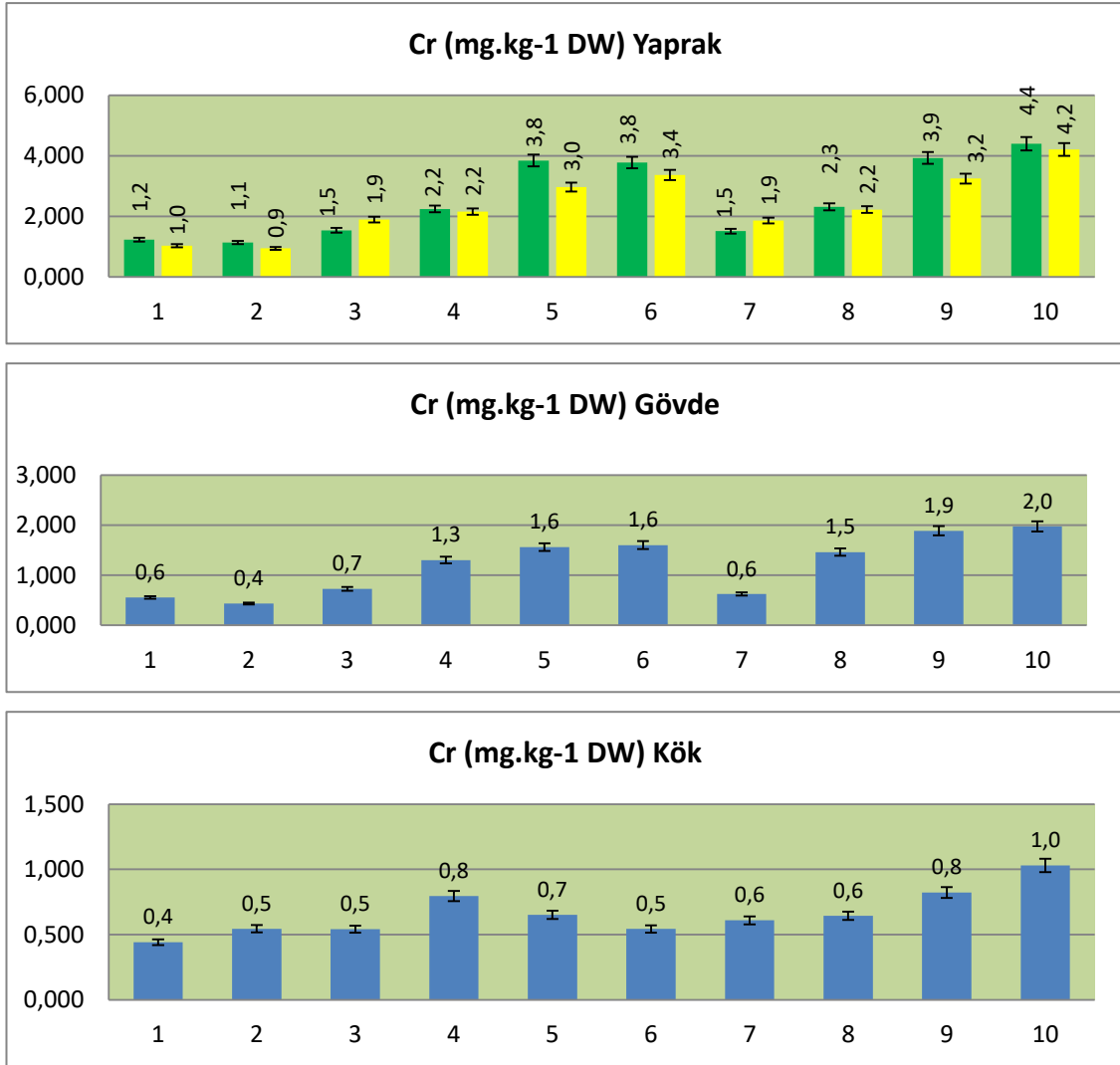
Krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil

33’de gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 7. istasyonda (0.817 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (3.679 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 7. istasyonda (0.467 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (2.418 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (0.414 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (1.627 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



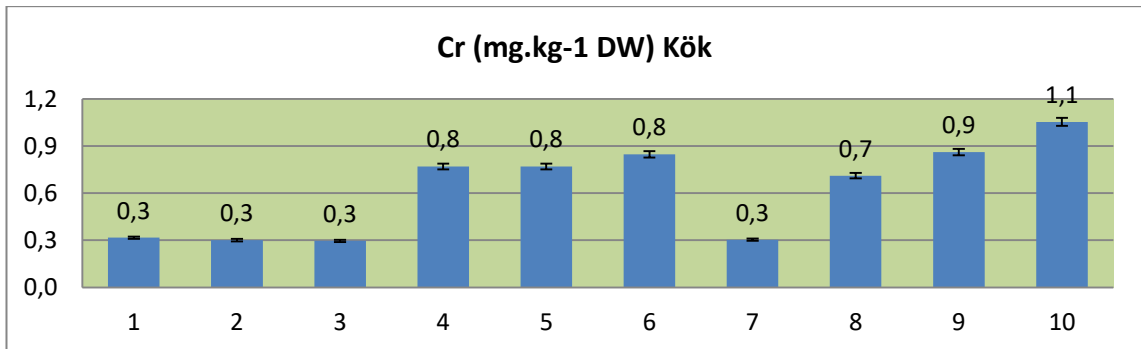
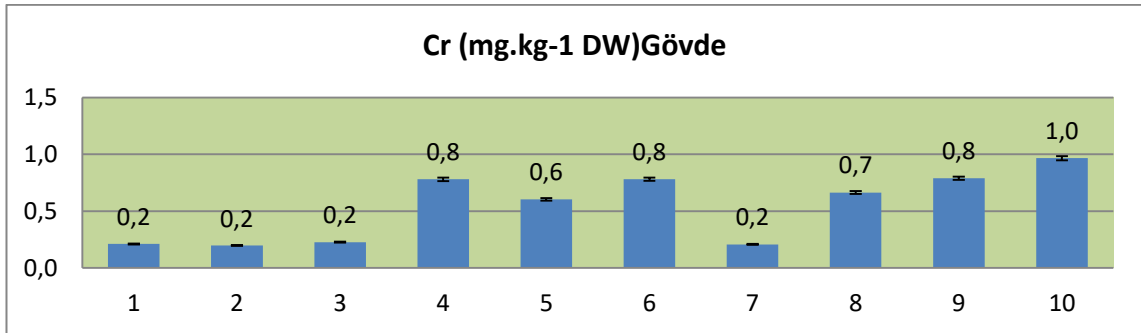
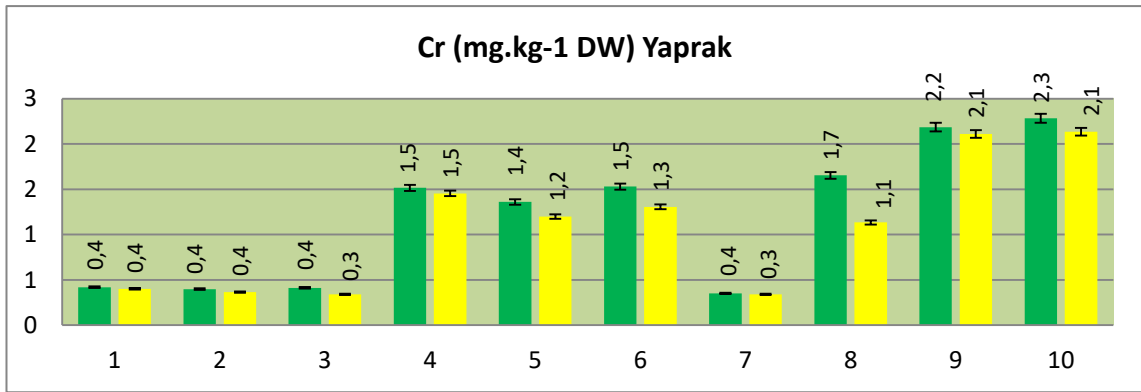
Şekil 36. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Cr miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 34'de gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 7. istasyonda (0.398 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (2.803 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (0.328 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (1.356 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 7. istasyonda (0.464 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (1.945 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 37. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Cr miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 35'de gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 2. istasyonda (0.945 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (4.396 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (0.435 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (1.974 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (0.441 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (1.029 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

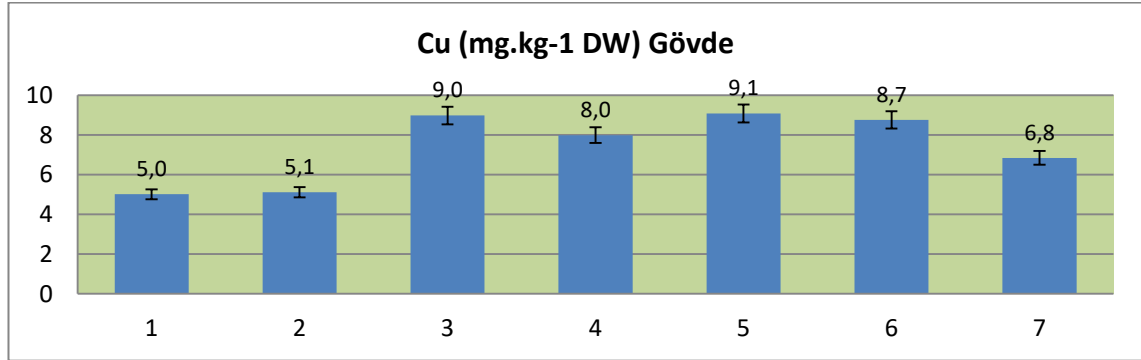
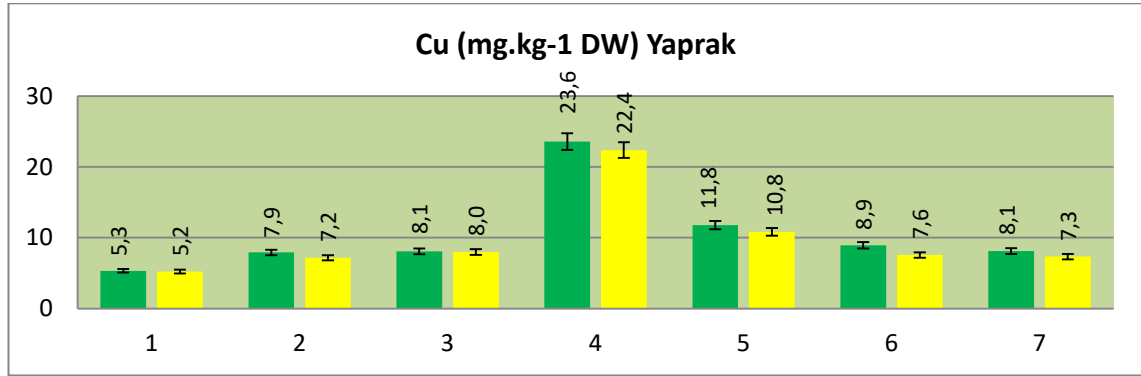


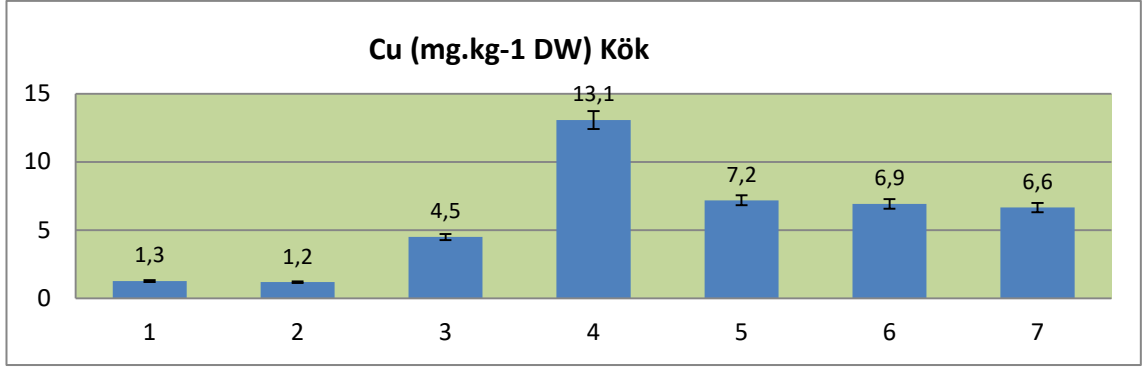
Şekil 38. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Cr miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral,

7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Krom için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 36'da gösterilmiştir. Krom, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. ve 7. istasyonlarda (0.340 mg.kg^{-1} DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (2.284 mg.kg^{-1} DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (0.198 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 10. istasyonda (0.966 mg.kg^{-1} DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (0.296 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 10. istasyonda (1.054 mg.kg^{-1} DW) tespit edilmiştir.

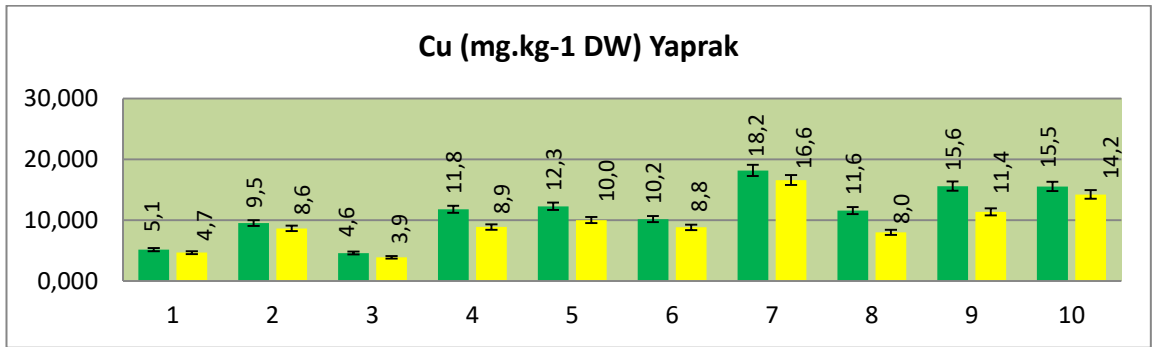
4.1.7. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Cu Akümülyasyon Miktarları

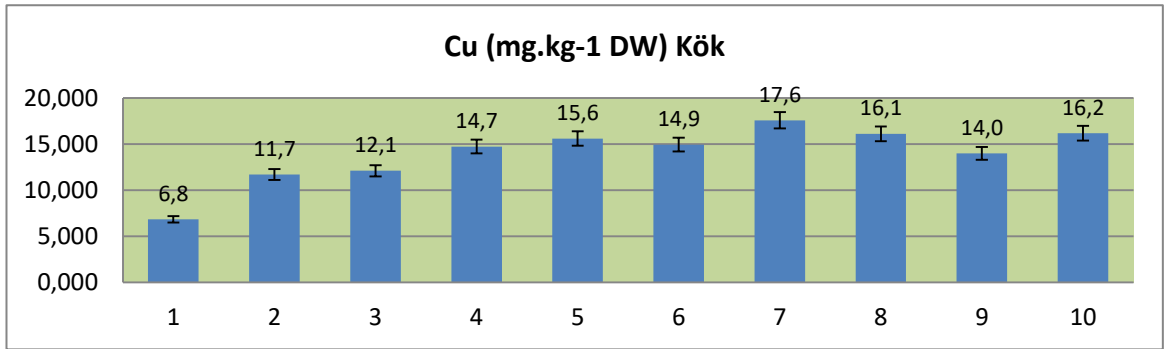
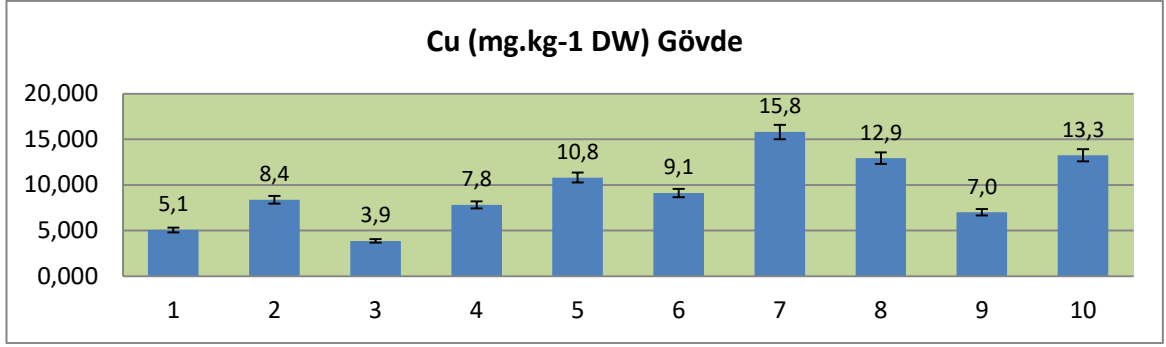




Şekil 39. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Cu miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

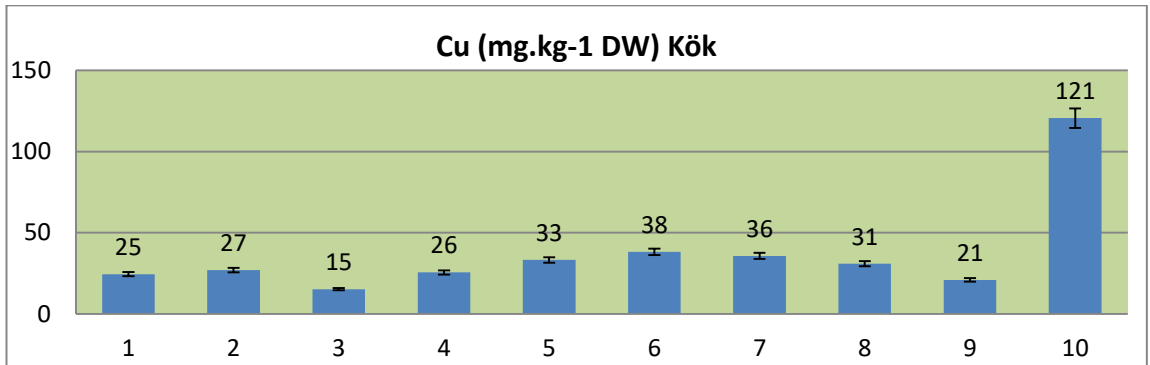
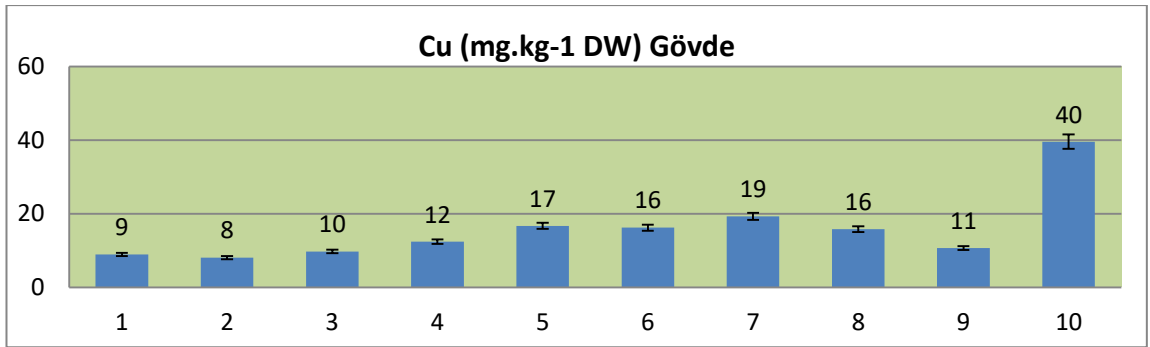
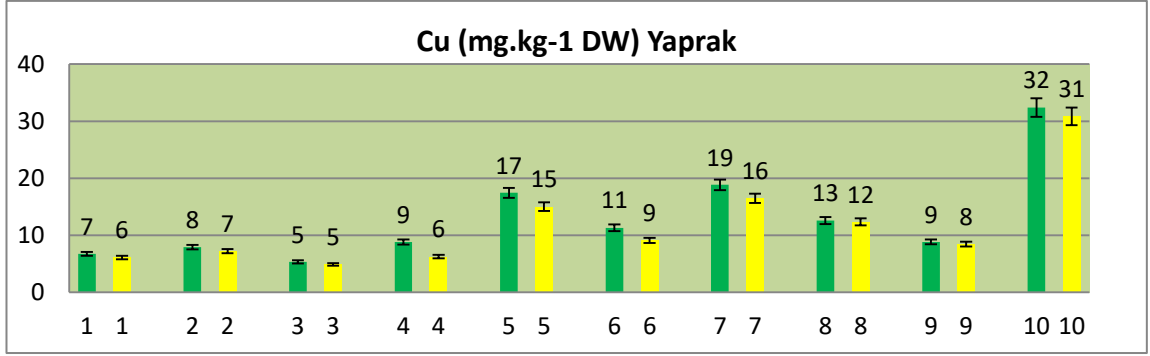
Bakır için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 37'de gösterilmiştir. Bakır, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (5.221 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 4. istasyonda (23.554 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (5.008 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (9.070 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (1.179 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (13.061 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.





Şekil 40. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Cu miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

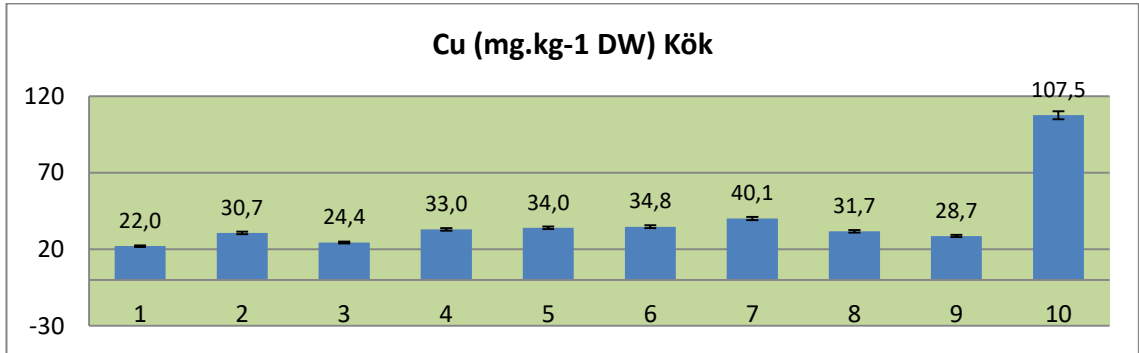
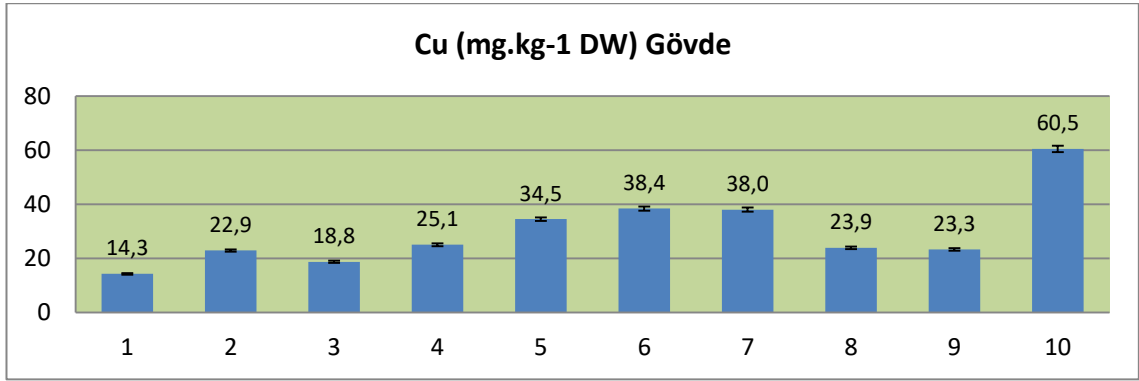
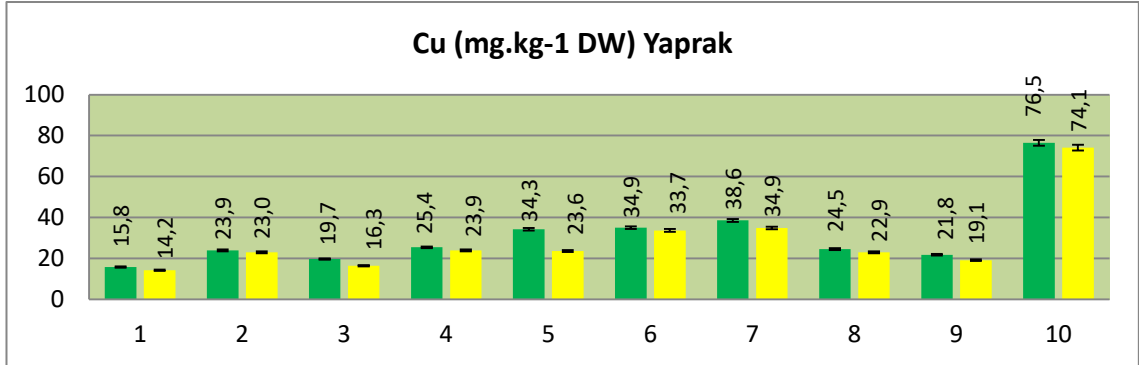
Bakır için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 38'de gösterilmiştir. Bakır, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (3.885 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (18.161 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (3.867 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (15.809 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (6.841 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (17.566 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 41. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Cu miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

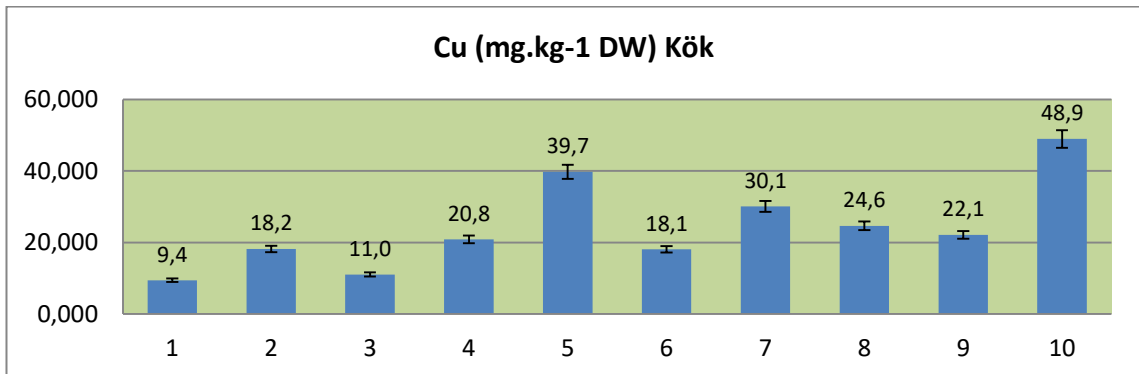
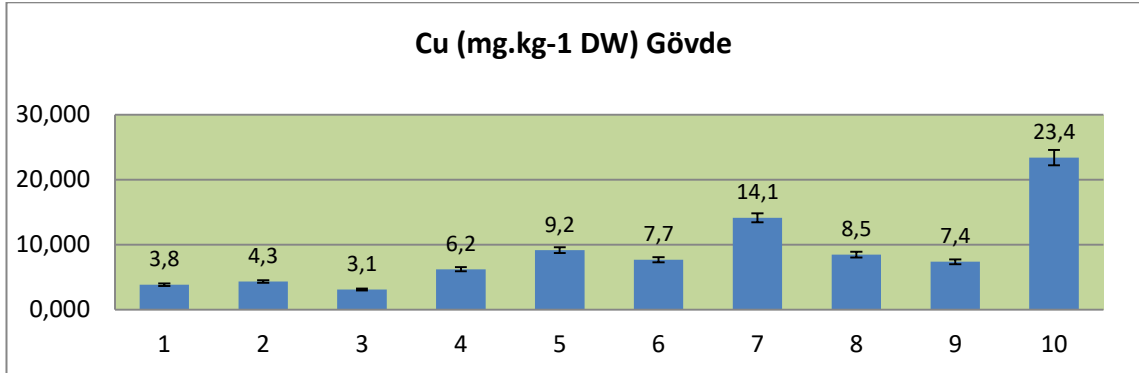
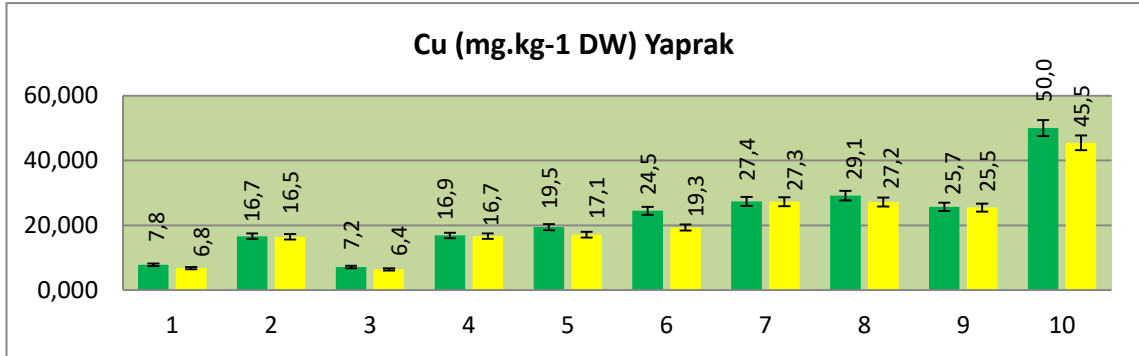
Bakır için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 39'da gösterilmiştir. Bakır, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (4.884 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (32.381 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda 8.096 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10.

istasyonda (39.595 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (15.286 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (120.565 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



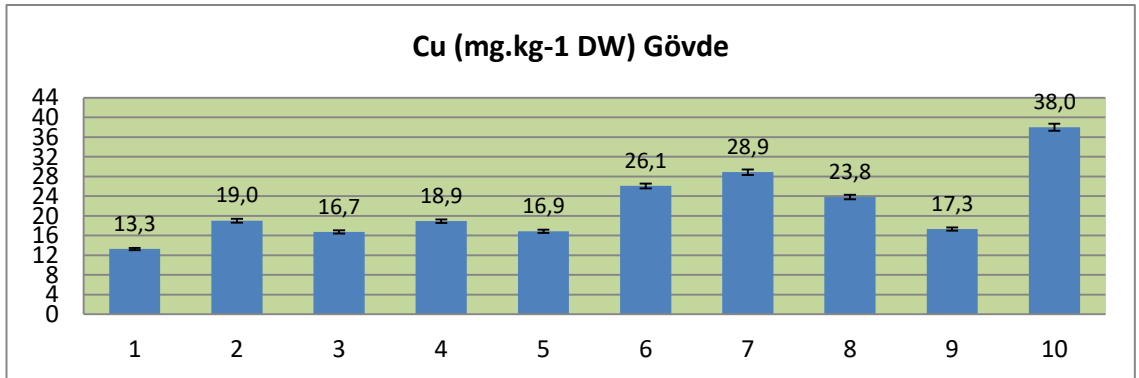
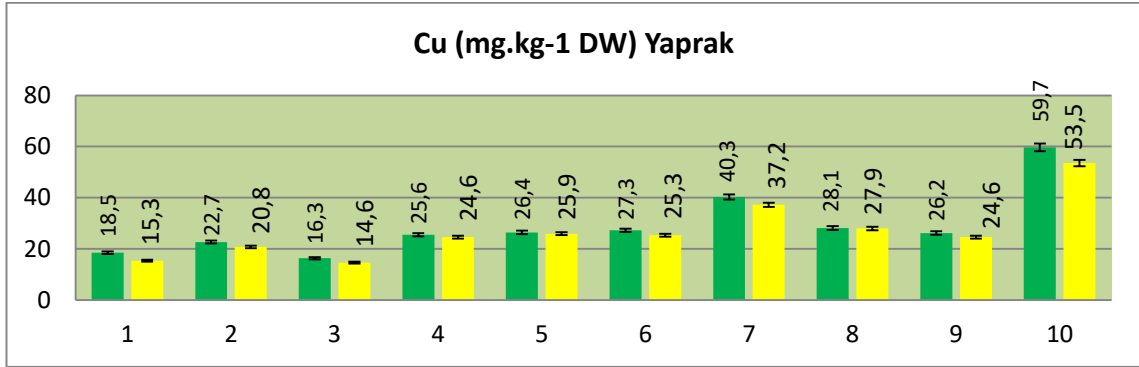
Şekil 42. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Cu miktarları (Yeşil: Yıkılmamış Yaprak ve Sarı: Yıkılmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

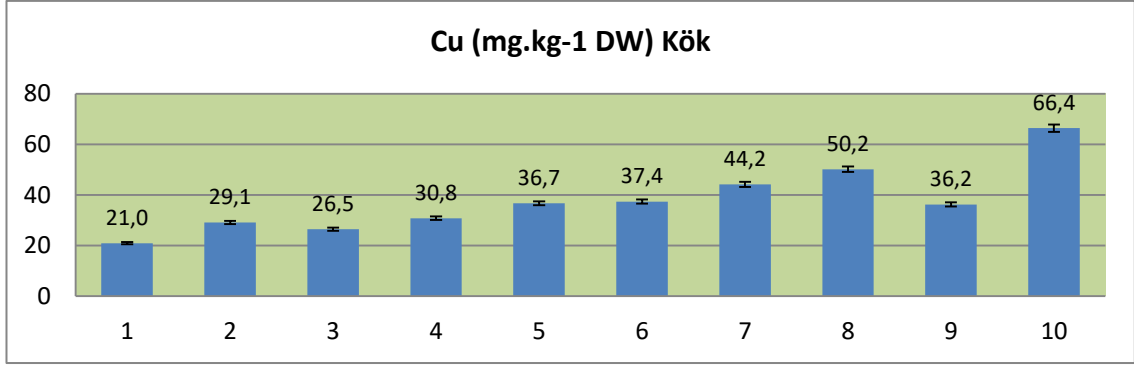
Bakır için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 40'da gösterilmiştir. Bakır, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (14.201 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (76.511 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (14.319 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (60.470 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (22.025 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (107.495 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 43. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Cu miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jлуу Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Bakır için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 41'de gösterilmiştir. Bakır, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (6.430 mg.kg^{-1} DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda ($49.990 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (3.094 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 10. istasyonda ($23.384 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (9.421 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 10. istasyonda ($48.917 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

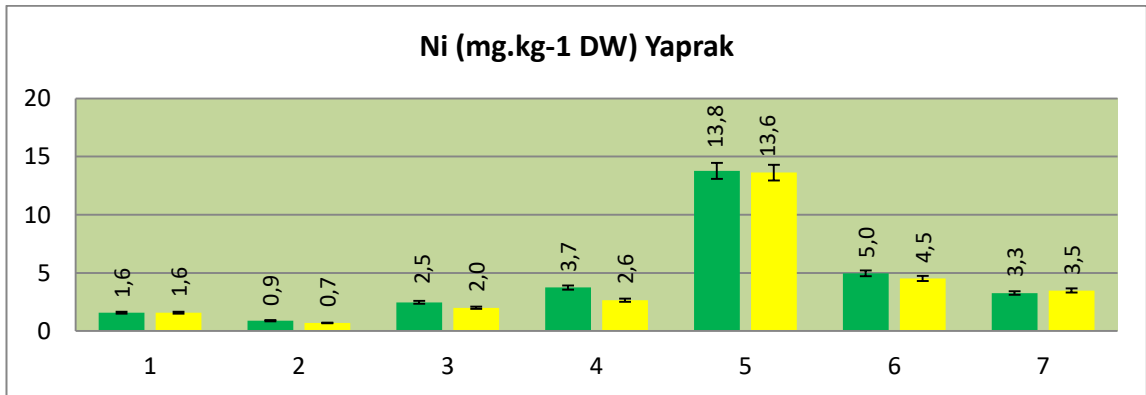


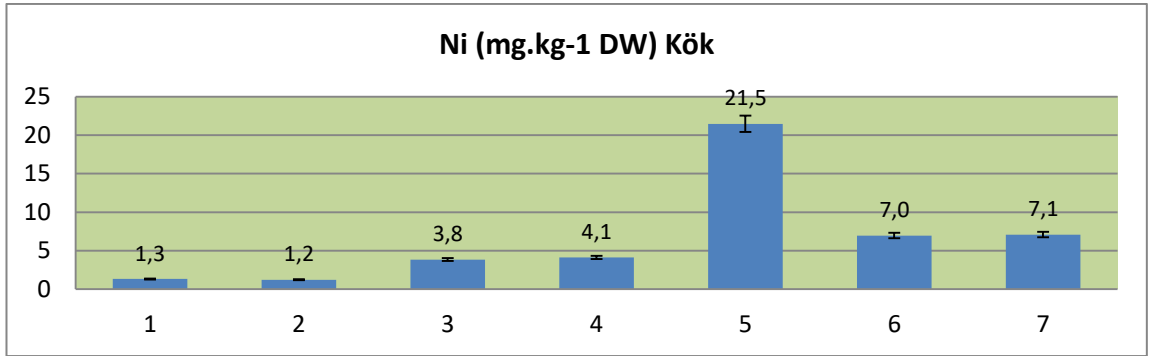
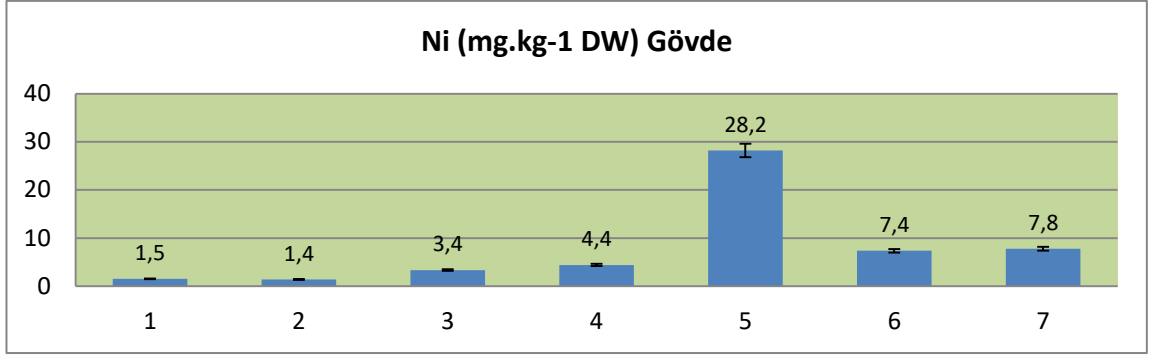


Şekil 44. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Cu miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Bakır için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 42'de gösterilmiştir. Bakır, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (14.635 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (59.708 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (13.251 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (38.012 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (20.954 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (66.369 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

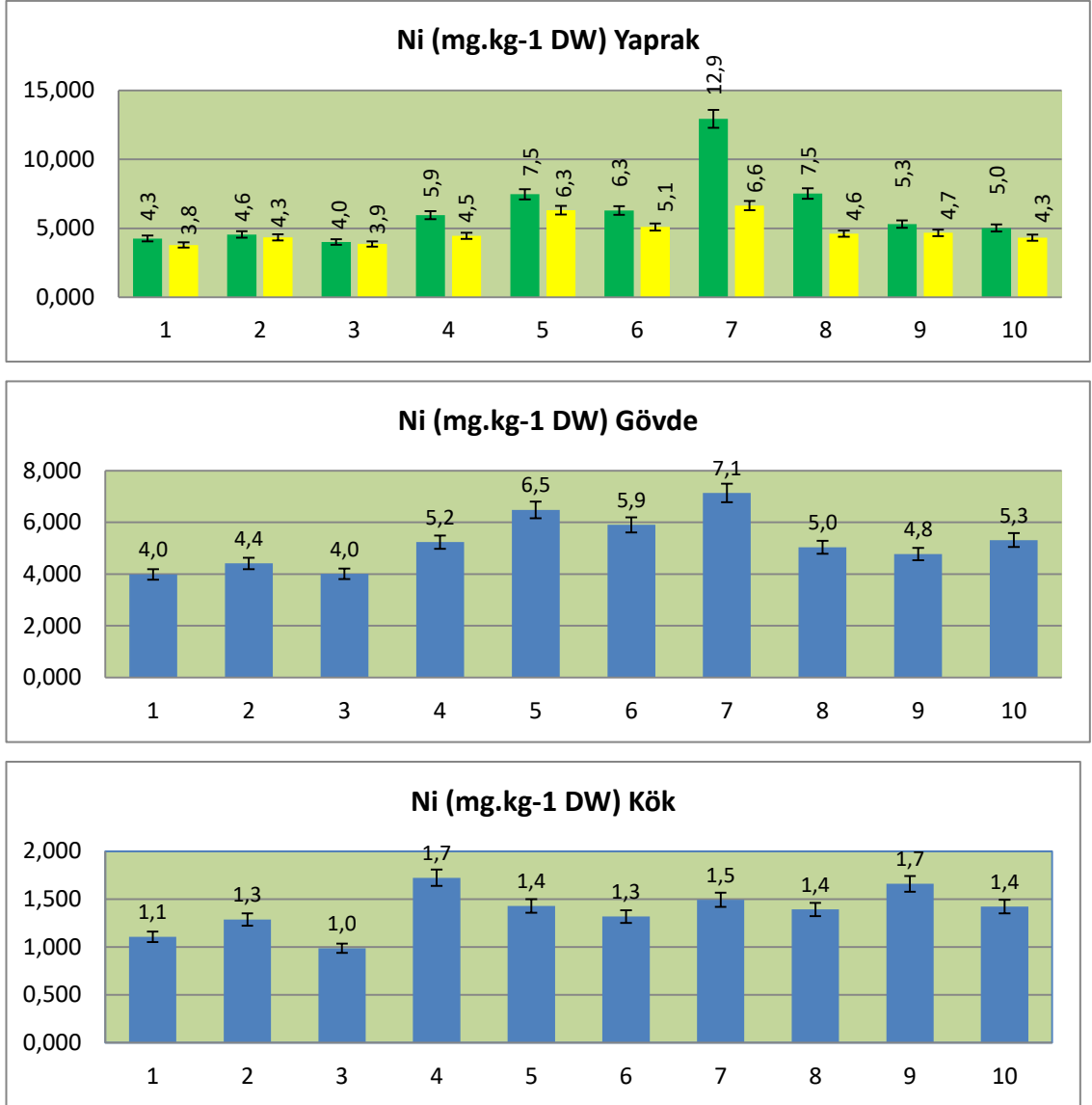
4.1.8. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Ni Akümülayon Miktarları





Şekil 45. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Ni miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

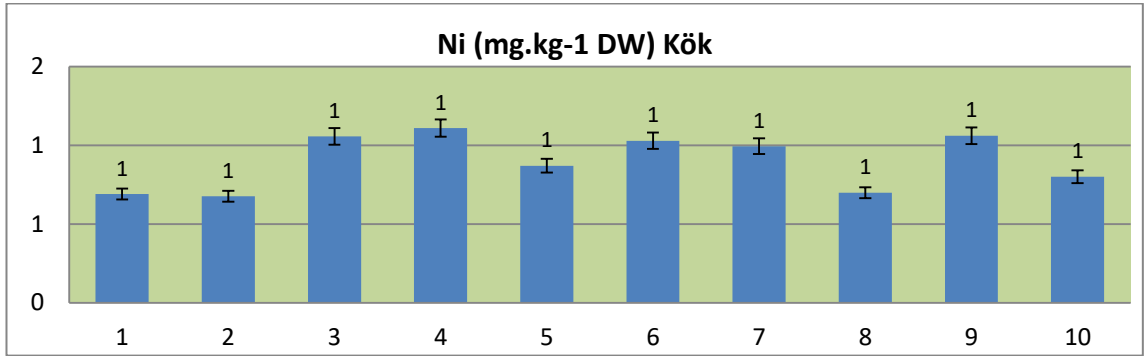
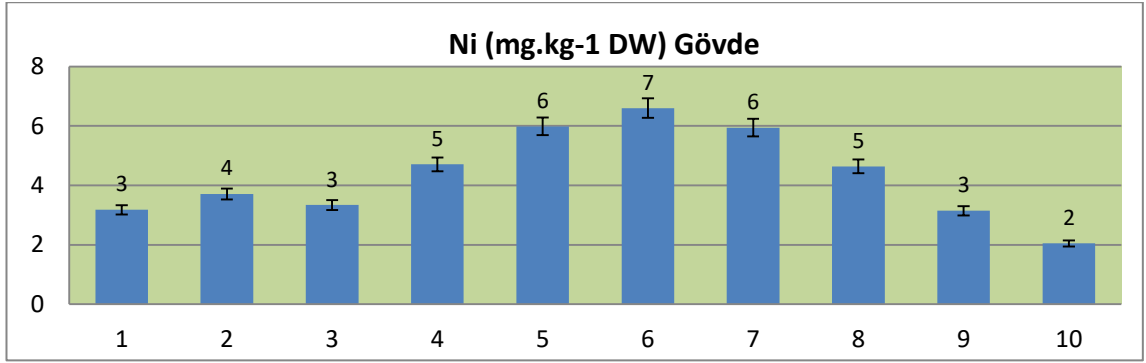
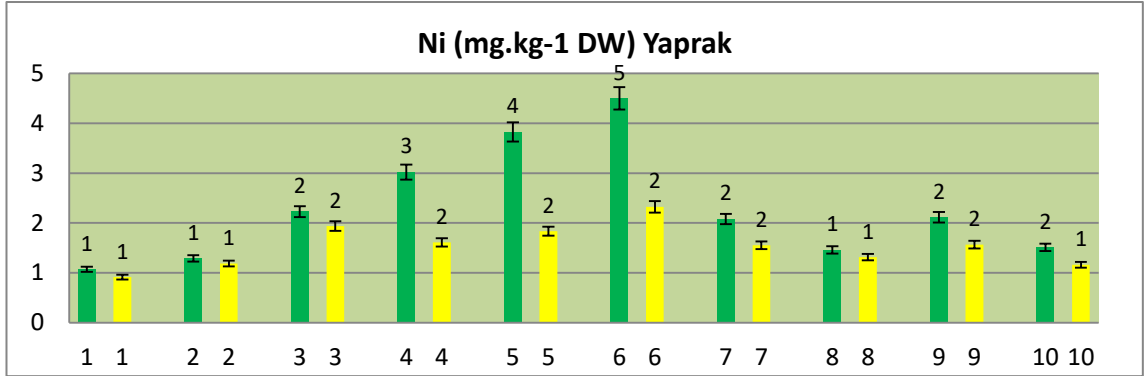
Nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 43'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (0.698 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 5. istasyonda (13.765 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (1.526 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (28.206 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (1.321 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (21.470 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 46. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Ni miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jiluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

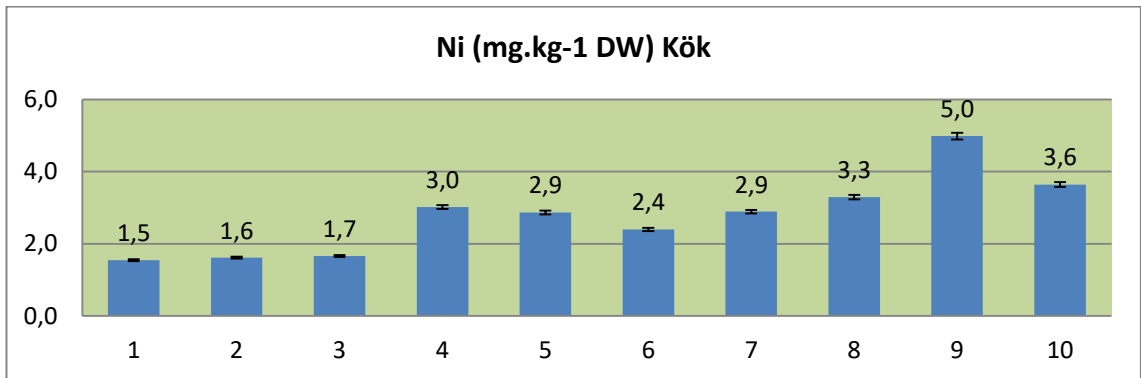
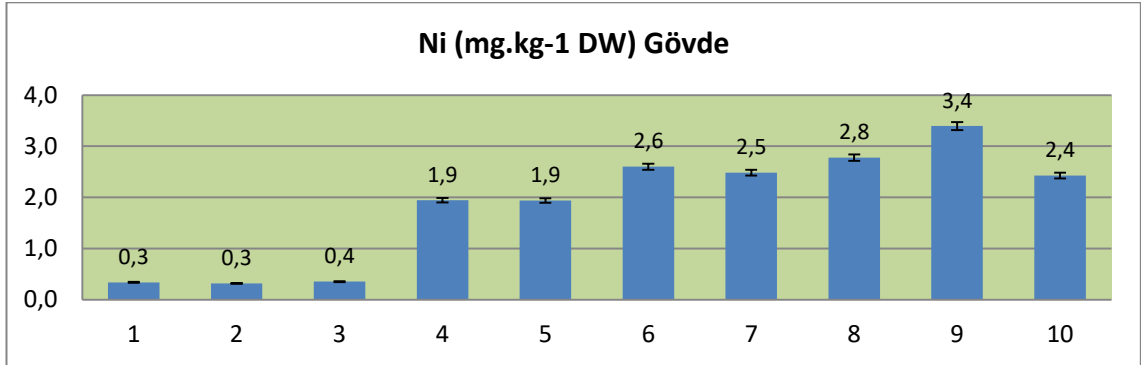
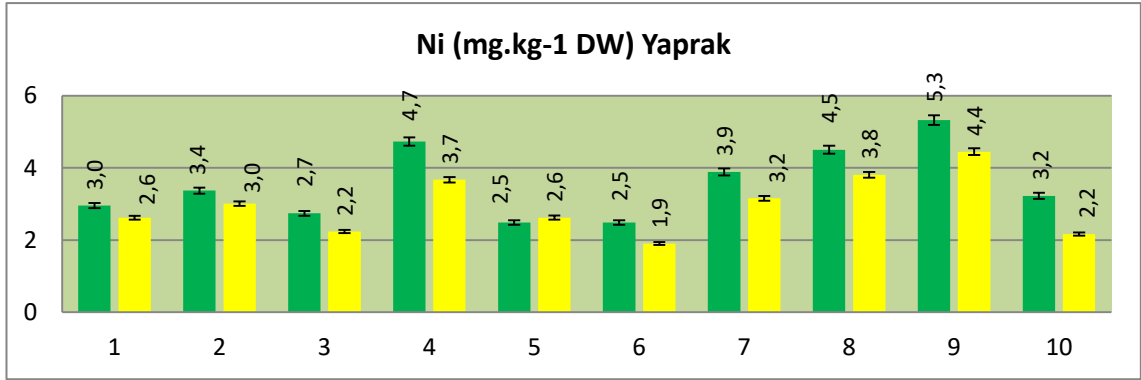
Nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 44'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (3.787 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (12.938 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (3.984 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (7.135

mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (0.986 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (1.724 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



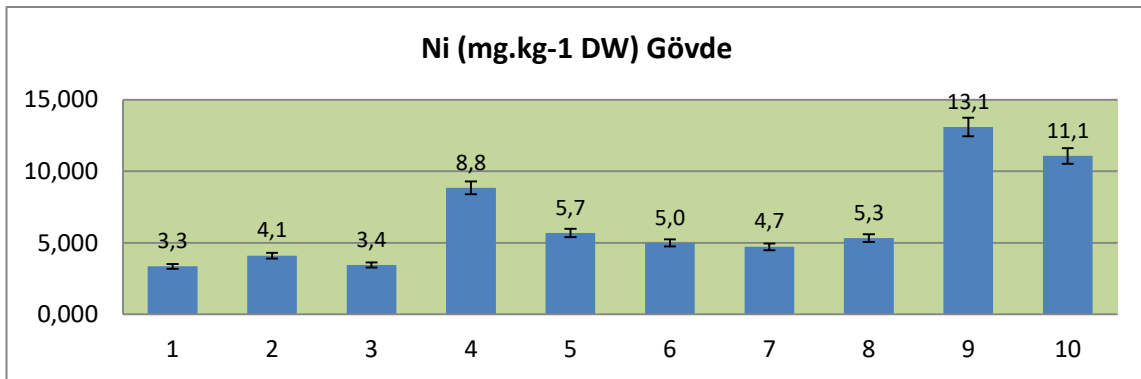
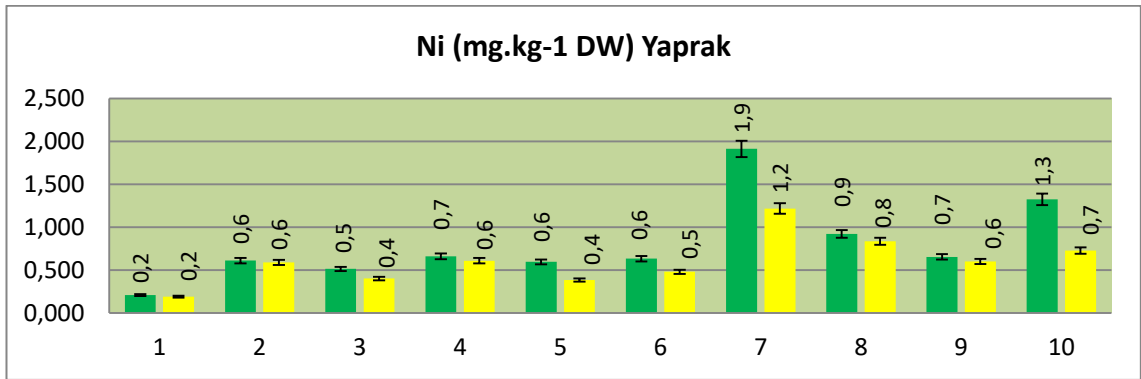
Şekil 47. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Ni miktarları (Yeşil: Yıkılmamış Yaprak ve Sarı: Yıkılmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

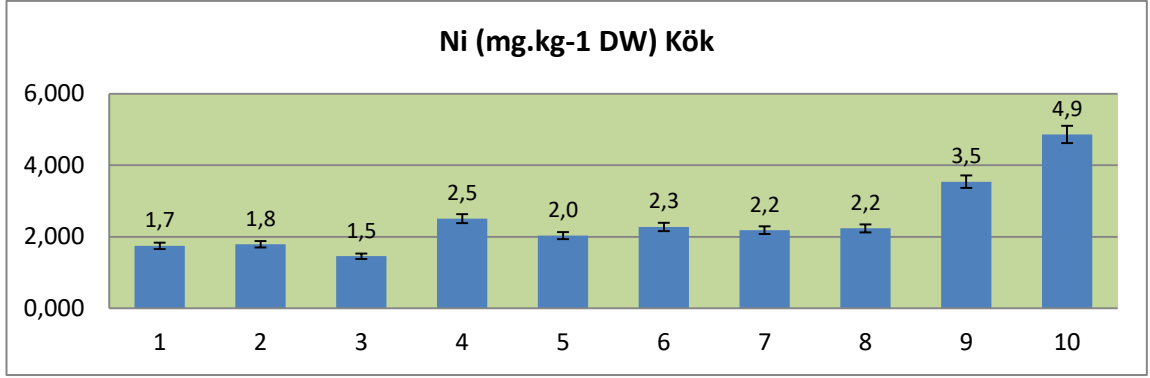
Nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 45'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (0.914 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 6. istasyonda (4.501 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 10. istasyonda (2.048 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 6. istasyonda (6.601 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (0.677 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 4. istasyonda (1.110 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 48. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Ni miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

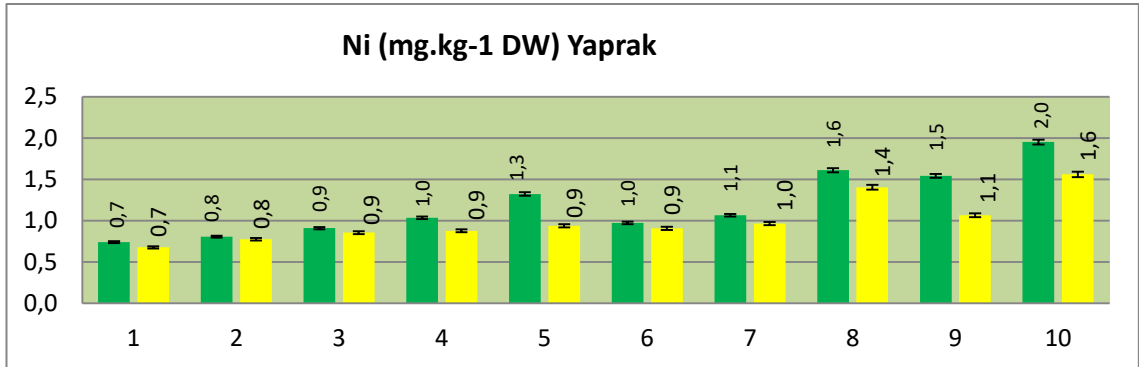
Nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 46'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 6. istasyonda (1.904 mg.kg^{-1} DW-yıkanmış) ve en yüksek 9. istasyonda (5.322 mg.kg^{-1} DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 2. istasyonda (0.318 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 9. istasyonda (3.396 mg.kg^{-1} DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (1.660 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 9. istasyonda (4.982 mg.kg^{-1} DW) tespit edilmiştir.

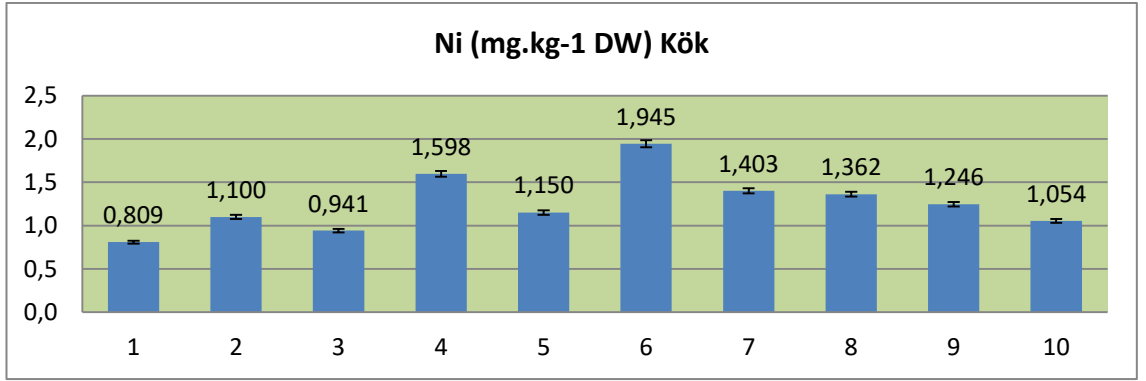
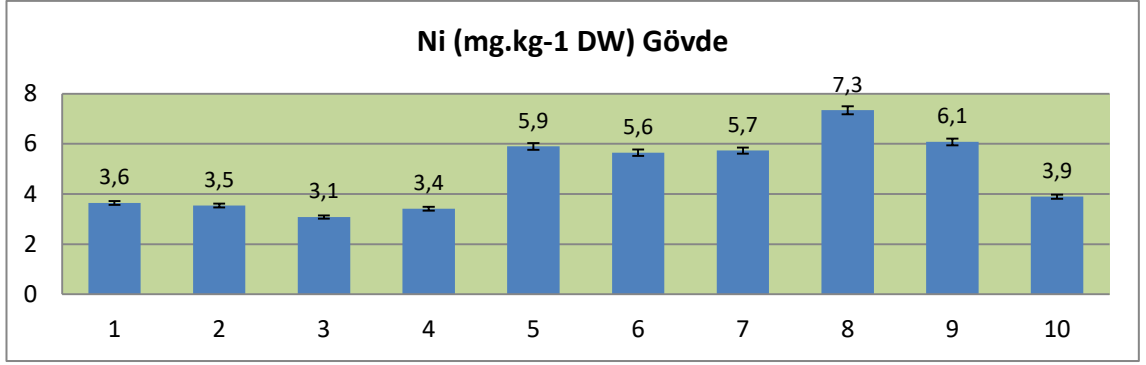




Şekil 49. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Ni miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 47'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (0.190 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (1.911 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (3.349 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 9. istasyonda (13.094 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (1.455 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (4.860 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

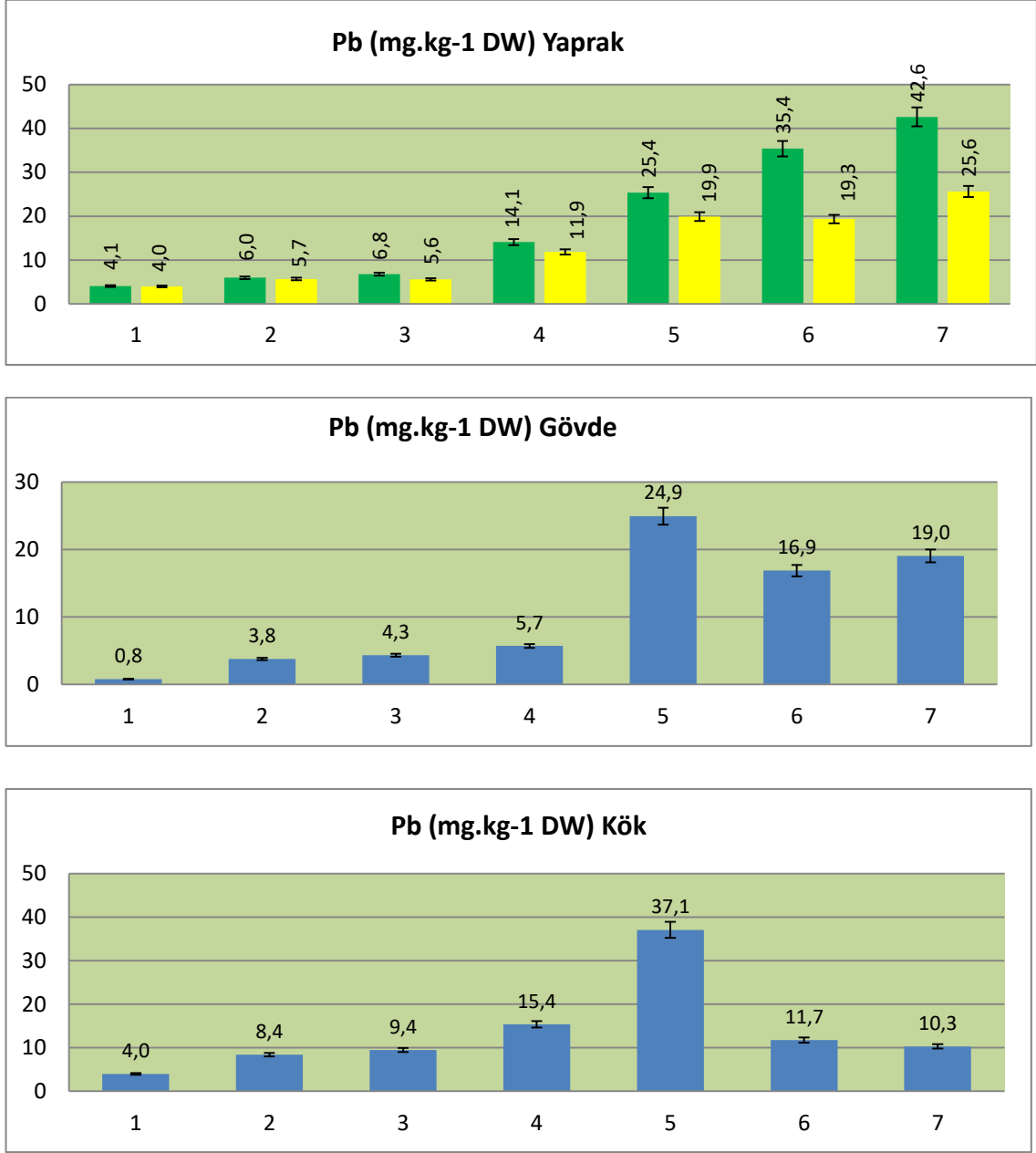




Şekil 50. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Ni miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Nikel için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 48'de gösterilmiştir. Nikel, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (0.677 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (1.951 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (3.080 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (7.338 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (0.809 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 6. istasyonda (1.945 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

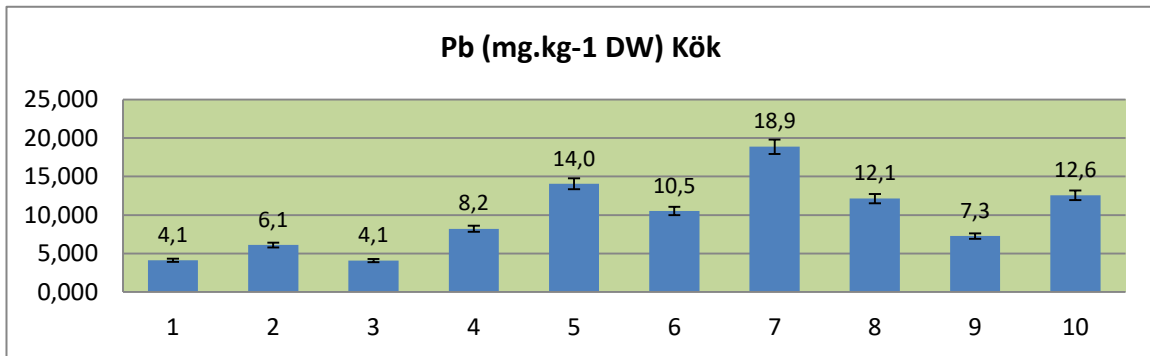
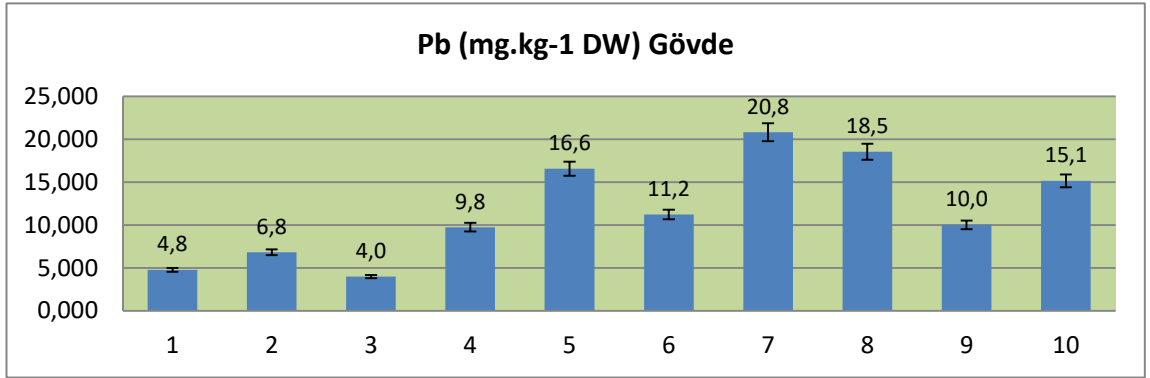
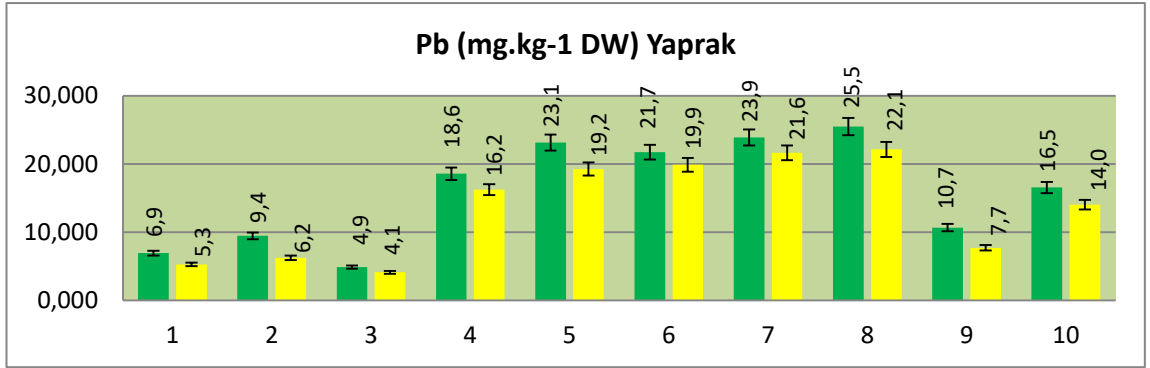
4.1.9. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Pb Akümülyasyon Miktarları



Şekil 51. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Pb miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

Kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 49'da gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1.

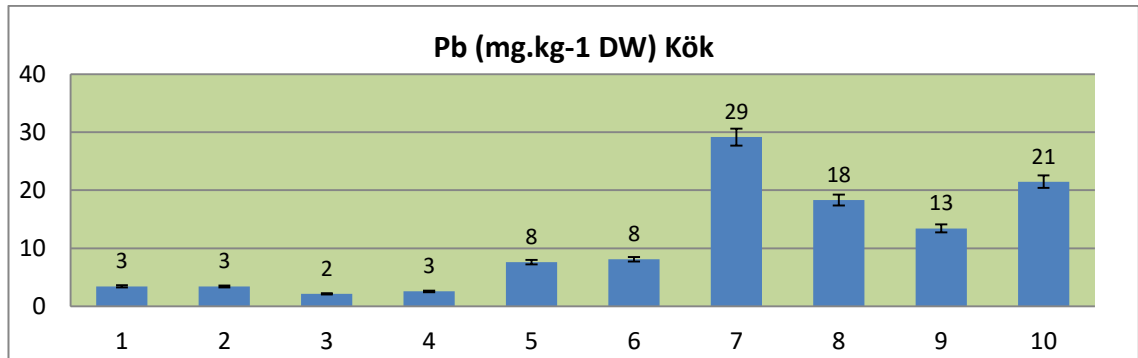
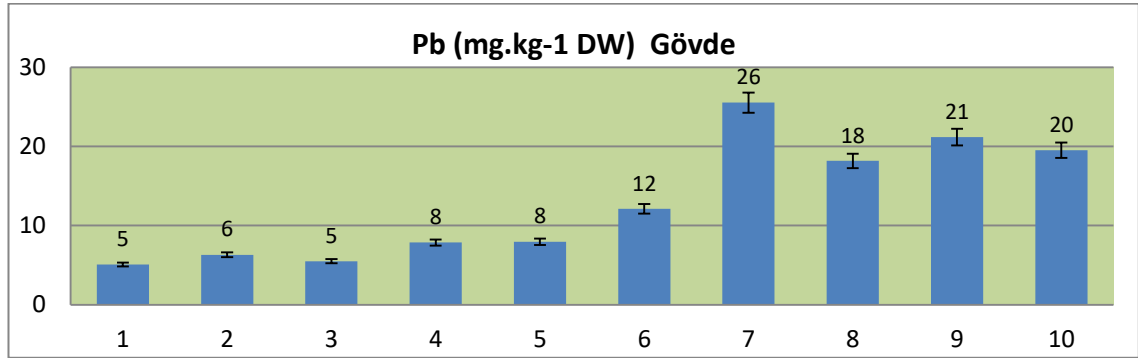
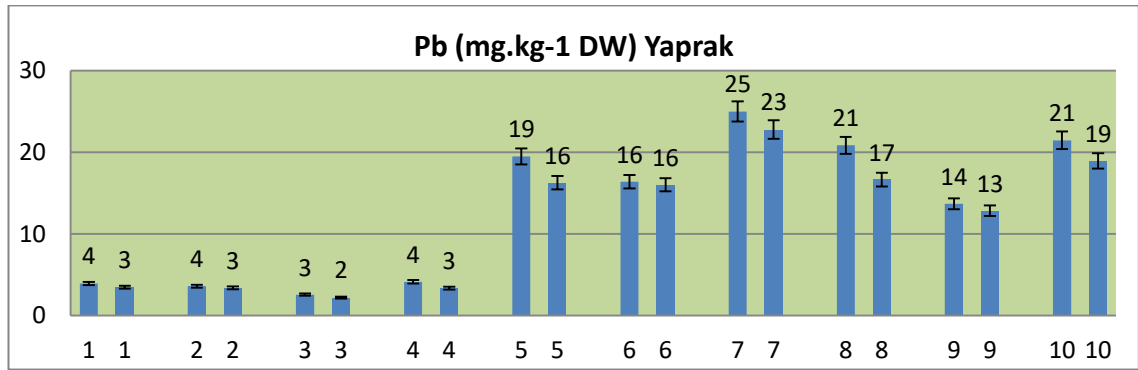
istasyonda (3.977 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (42.622 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (0.790 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (24.933 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (3.963 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 5. istasyonda (37.050 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 52. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Pb miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral,

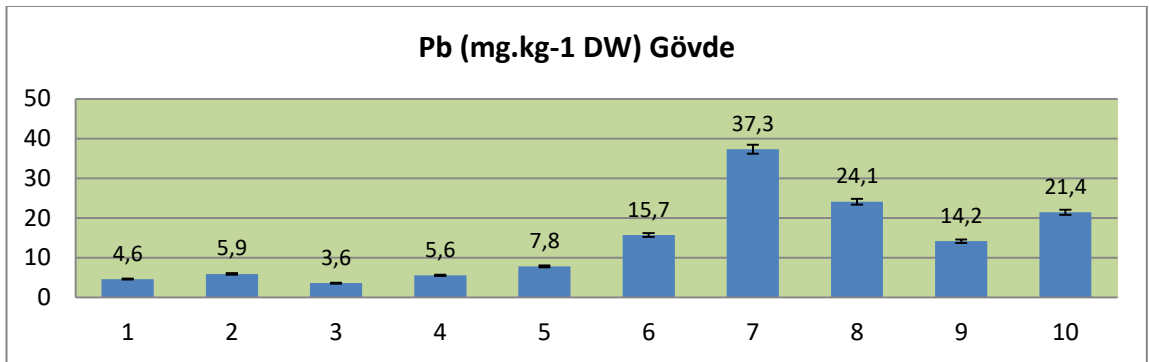
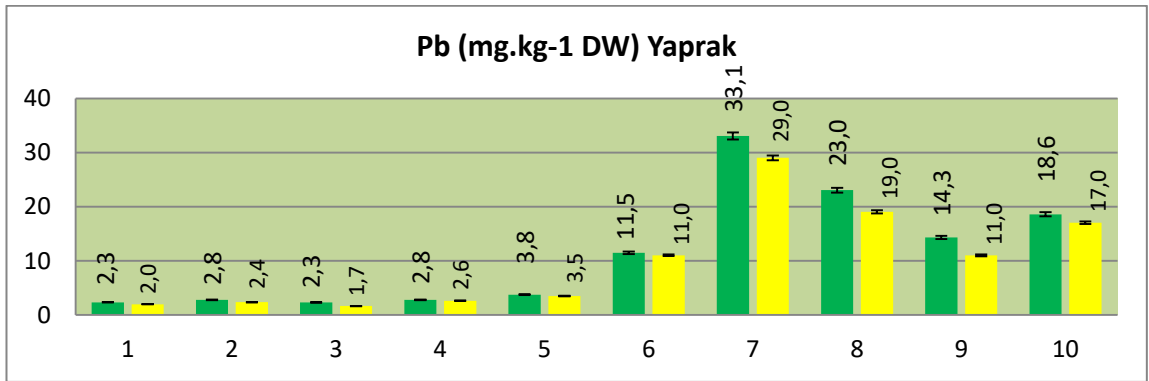
7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

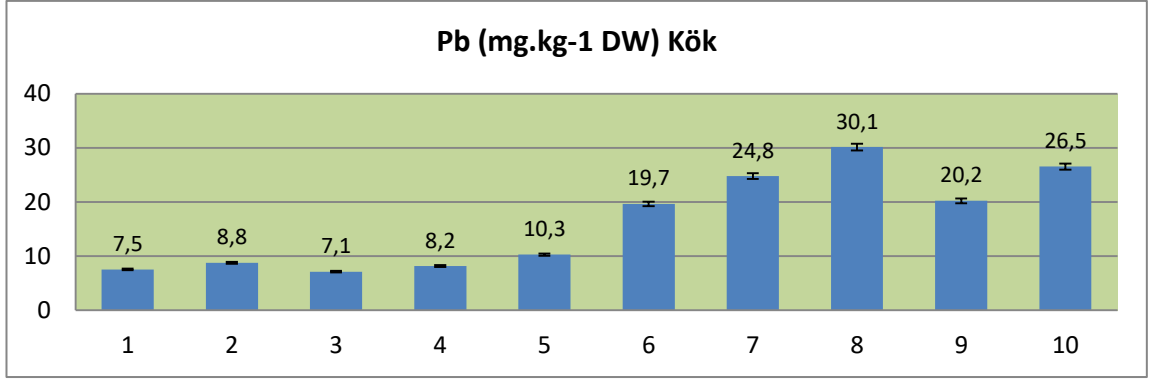
Kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 50'de gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (4.097 mg.kg^{-1} DW-yıkanmış) ve en yüksek 8. istasyonda ($25.487 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (3.995 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 7. istasyonda ($20.812 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (4.098 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 7. istasyonda ($18.857 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 53. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Pb miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

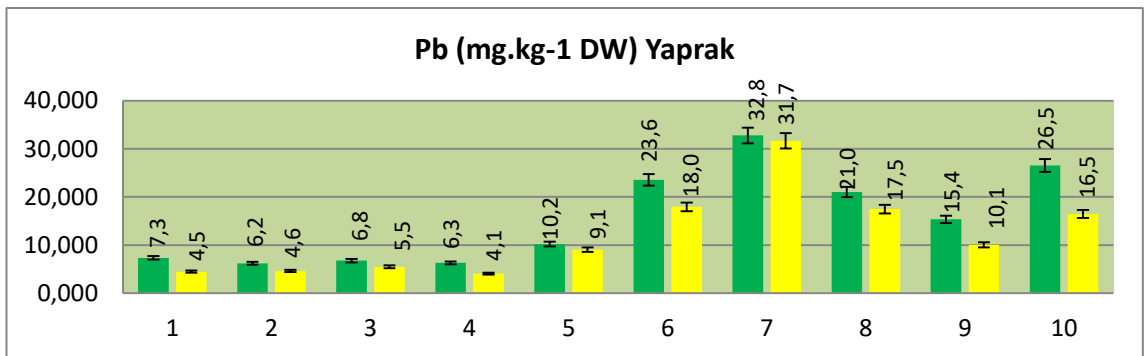
Kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 51'de gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (2.191 mg.kg^{-1} DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda ($25.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (5.076 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 7. istasyonda ($25.517 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (2.182 mg.kg^{-1} DW) ve en yüksek 7. istasyonda ($29.177 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

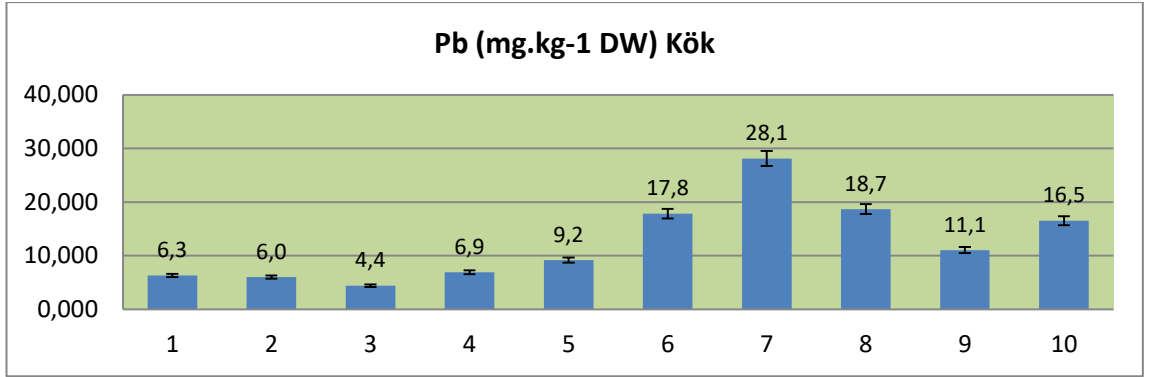
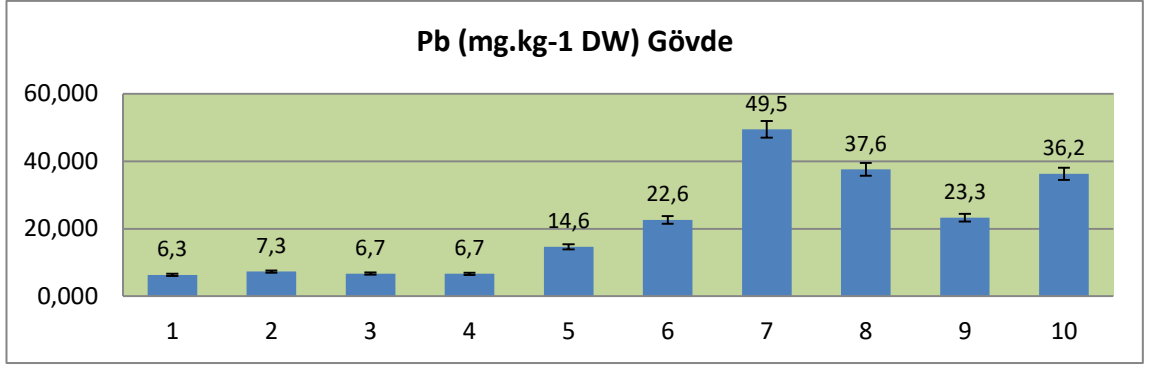




Şekil 54. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Pb miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

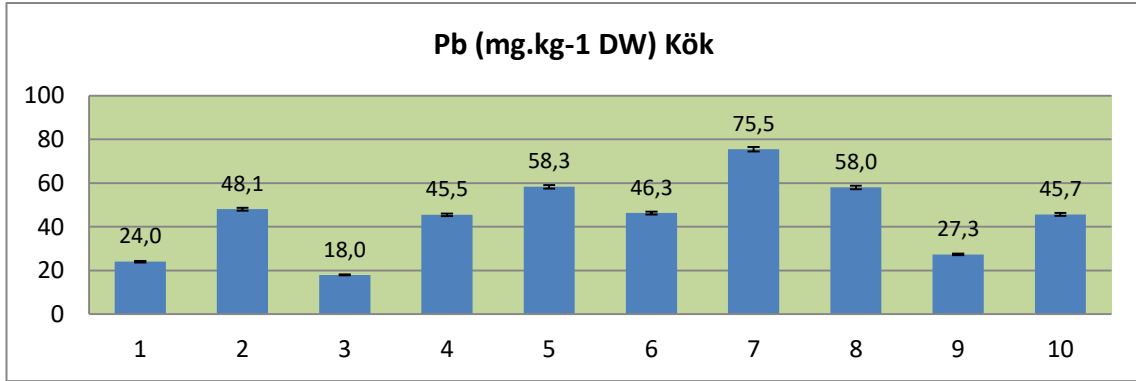
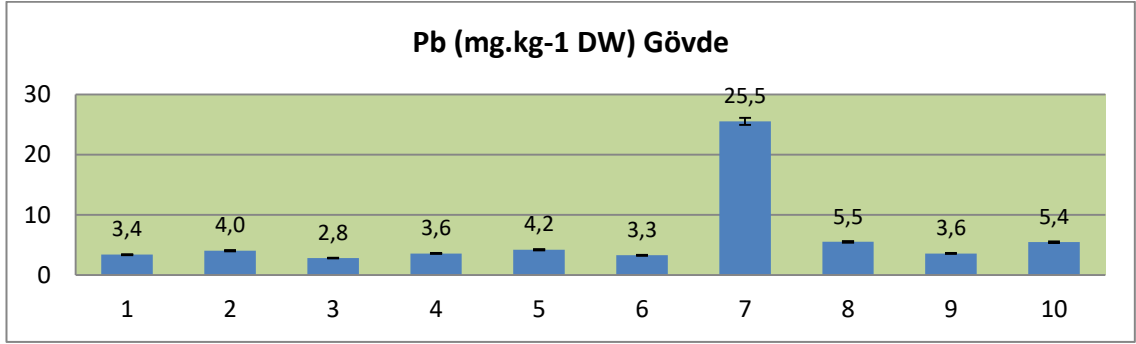
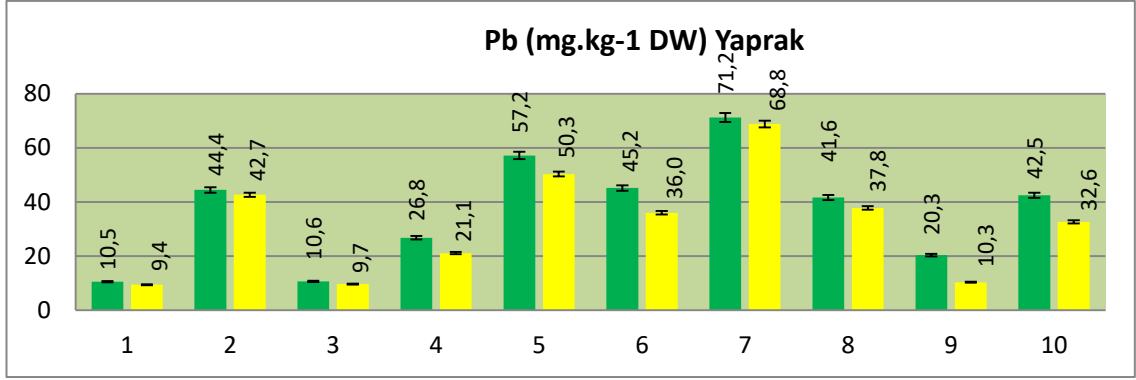
Kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 52'de gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (1.994 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (33.078 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (3.587 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (37.329 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (7.136 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (30.137 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.





Şekil 55. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Pb miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 53'de gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 4. istasyonda (4.088 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 7. istasyonda (32.780 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 4. istasyonda (6.679 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (49.466 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (4.425 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (28.123 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

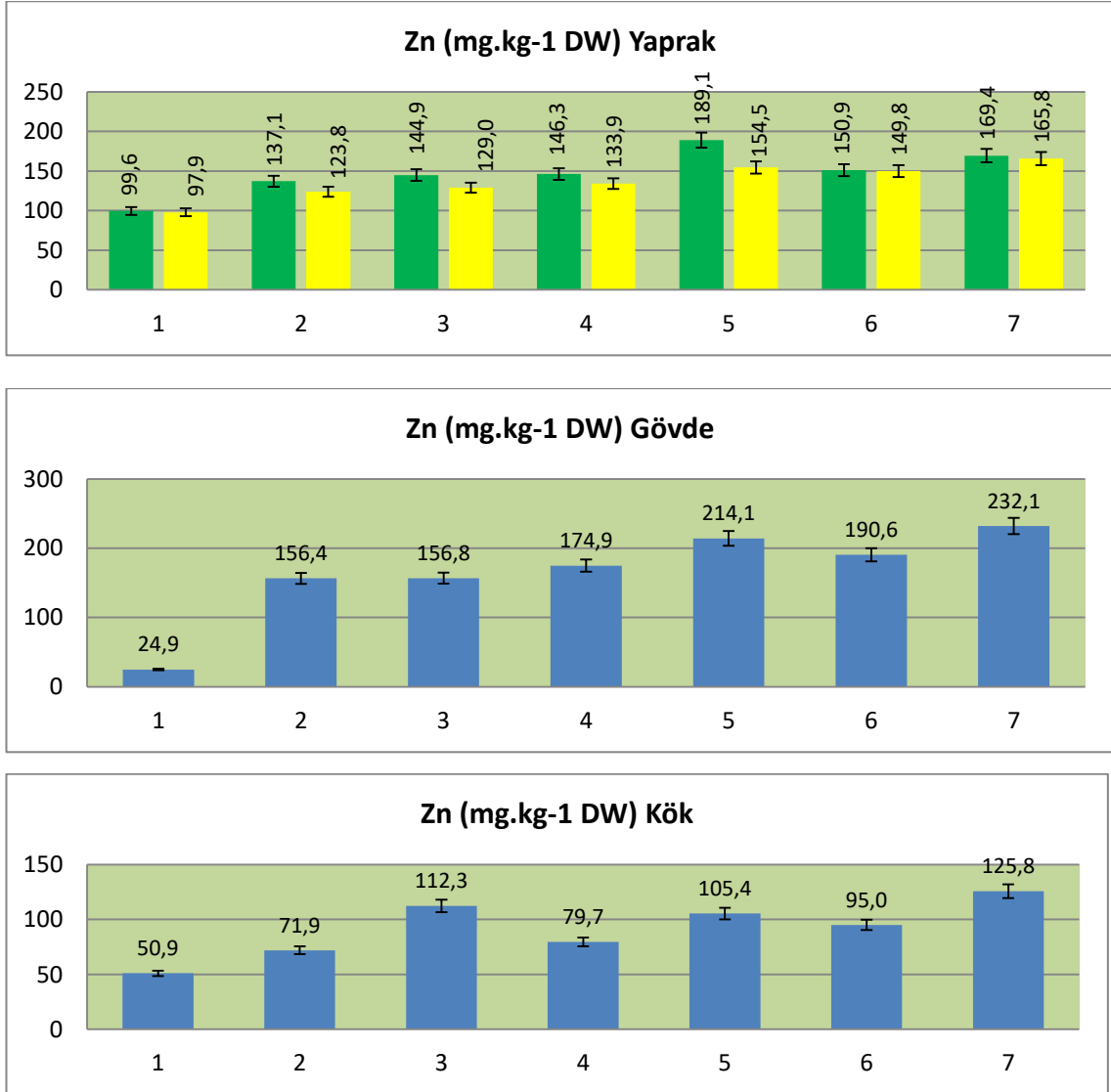


Şekil 56. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Pb miktarları (Yeşil: Yıkınmamış Yaprak ve Sarı: Yıkınmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Kurşun için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 54'de gösterilmiştir. Kurşun, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 3. istasyonda (9.688 mg.kg⁻¹ DW-yıkınmış) ve en yüksek 7. istasyonda (71.238 mg.kg⁻¹ DW-yıkınmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (2.802 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7.

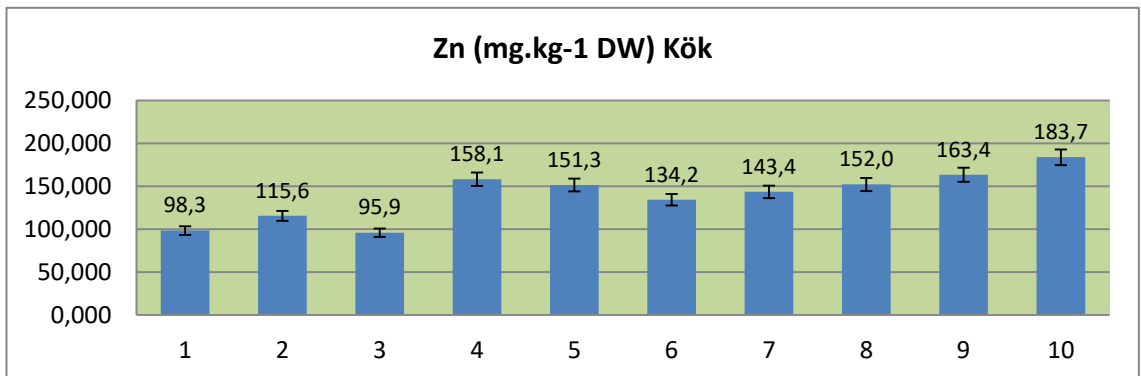
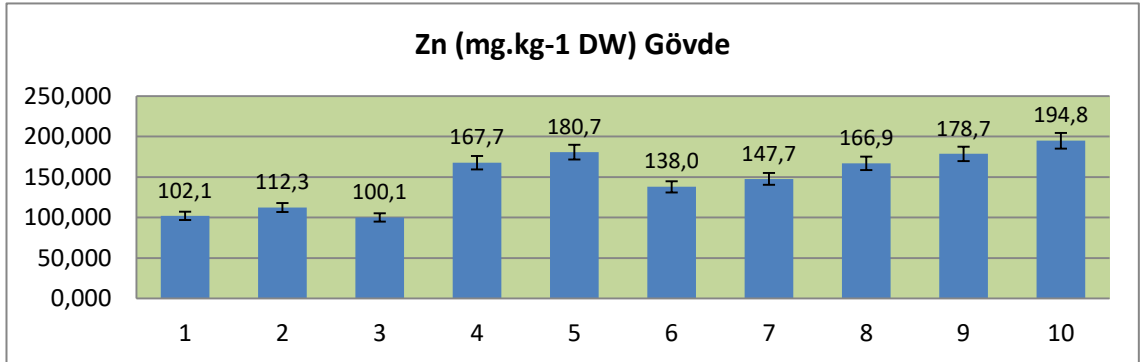
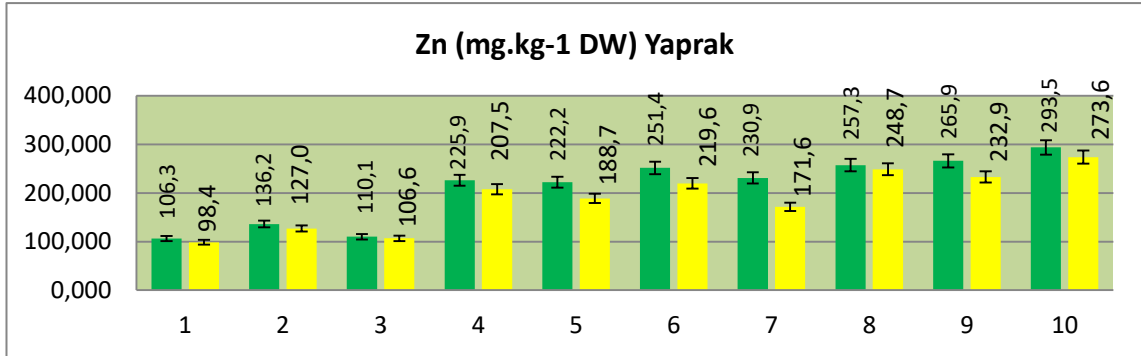
istasyonda (25.519 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (17.973 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (75.519 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

4.1.10. Çalışmada Kullanılan Bitki Örneklerinin Zn Akümülyasyon Miktarları



Şekil 57. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. millefolium*'da bulunan Zn miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Araşan, 2. İstasyon: Beş-Kyngöy, 3. İstasyon: Kök-Jar, 4. İstasyon: Tüştük Magistral, 5. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 6. İstasyon: Çüy Jaddesi ve 7. İstasyon: Çığış Avtovokzal)

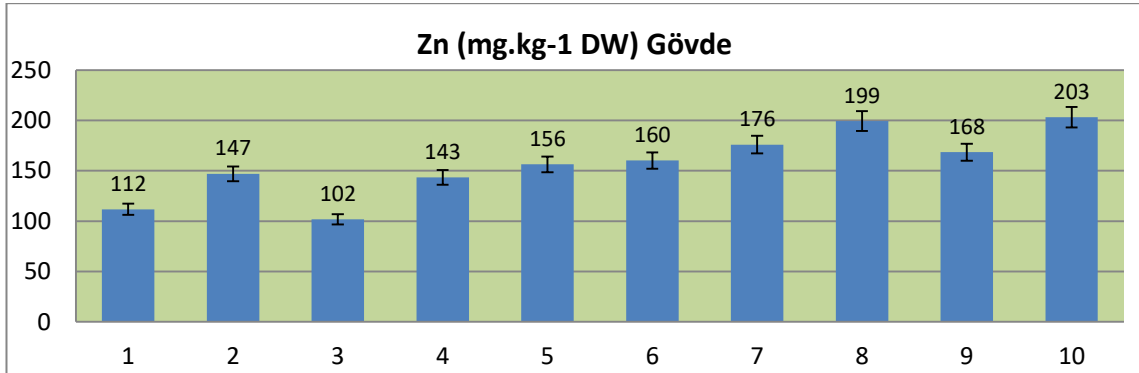
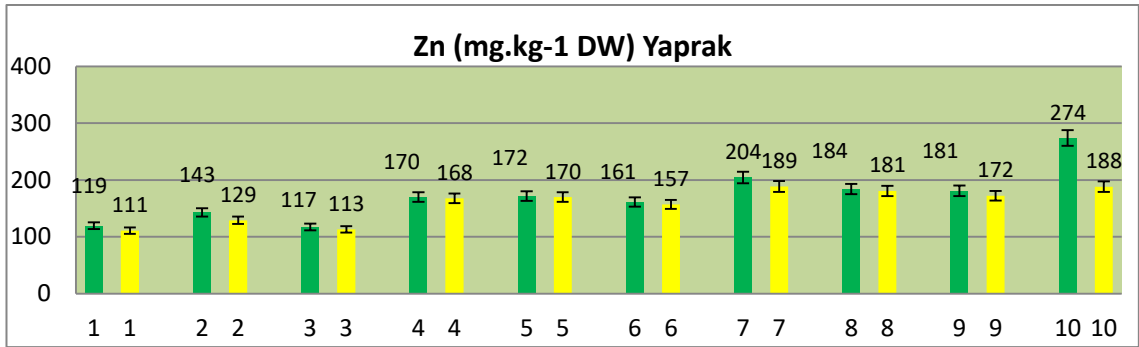
Çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. millefolium* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 55'de gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (97.888 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 5. istasyonda 189.079 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda (24.90 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (232.10 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (50.92 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 7. istasyonda (125.75 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

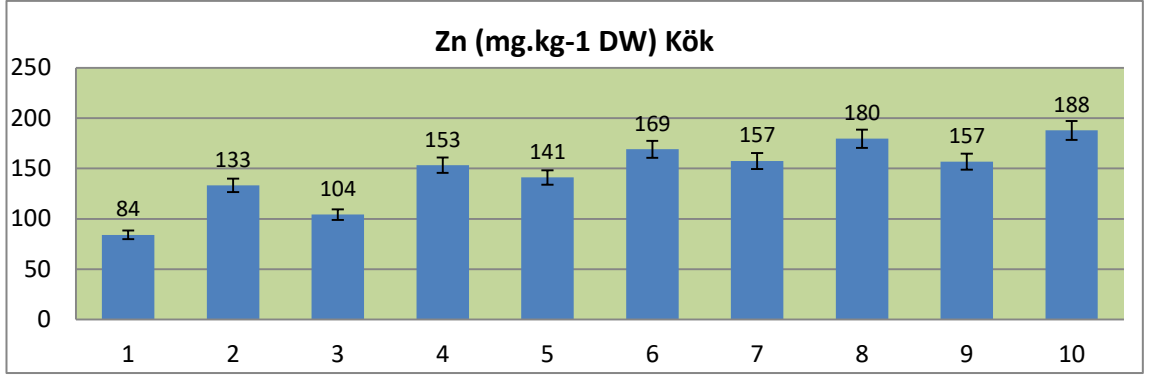


Şekil 58. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *A. donax*'da bulunan Zn miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-

Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

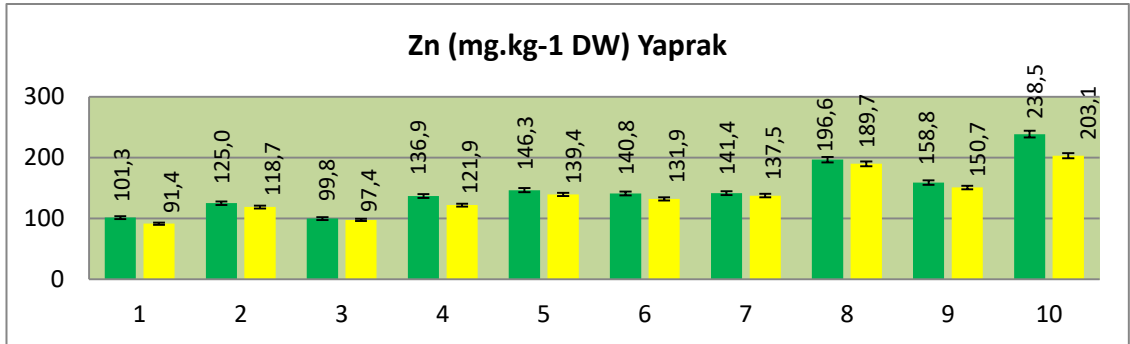
Çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *A. donax* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 56'da gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (98.406 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (293.519 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (100.126 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (194.841 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (95.864 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (183.710 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.

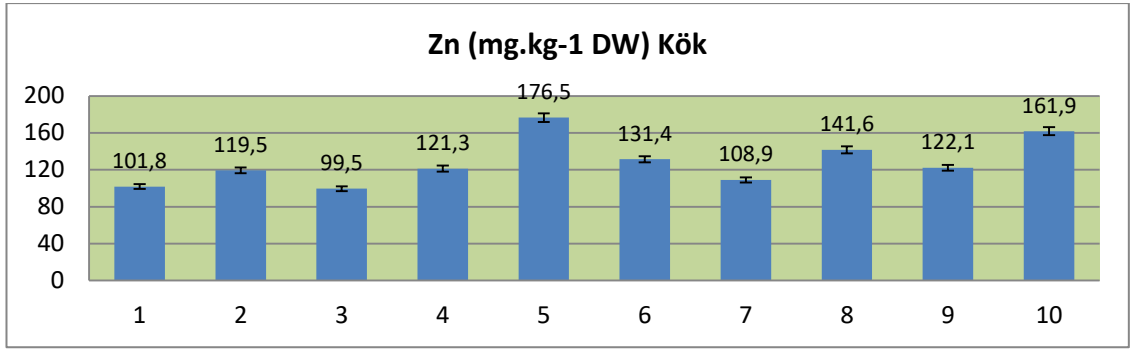
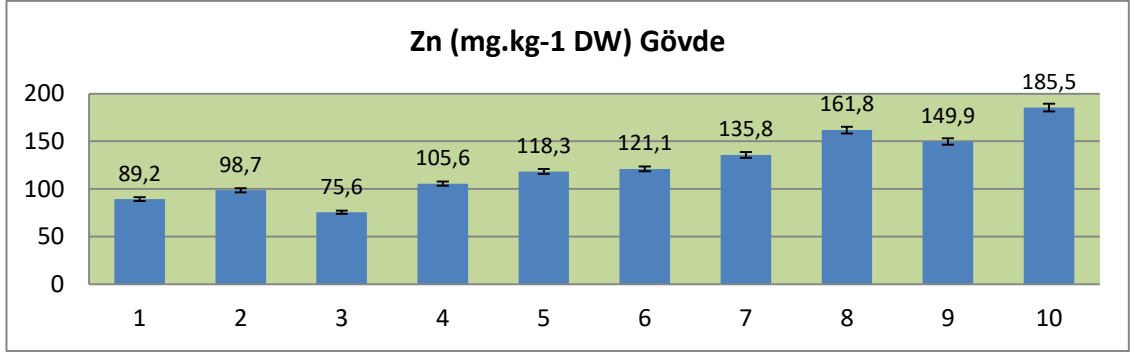




Şekil 59. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *D. glomerata*'da bulunan Zn miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

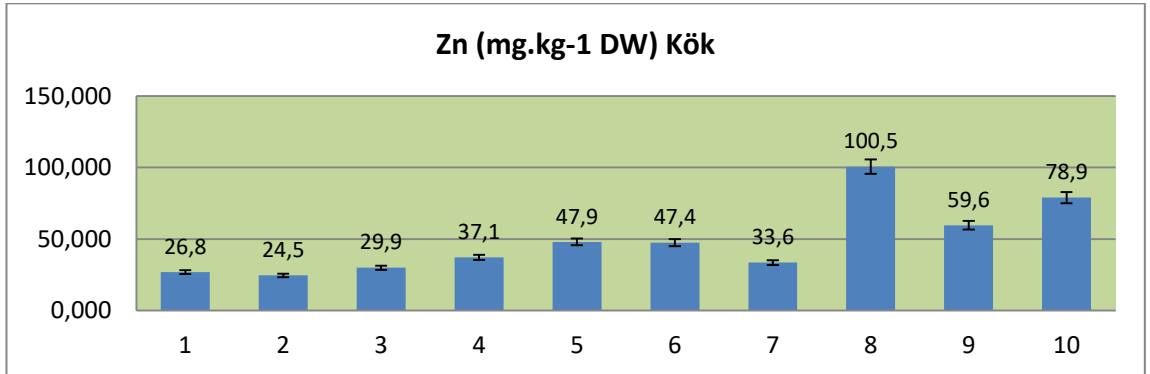
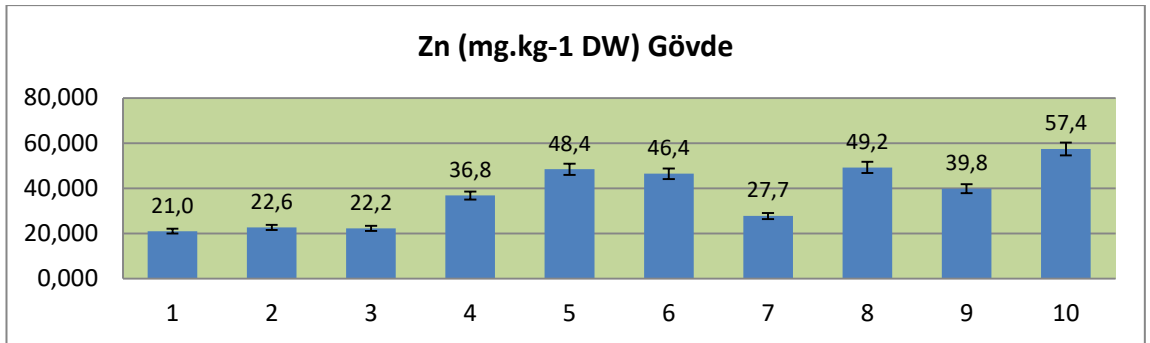
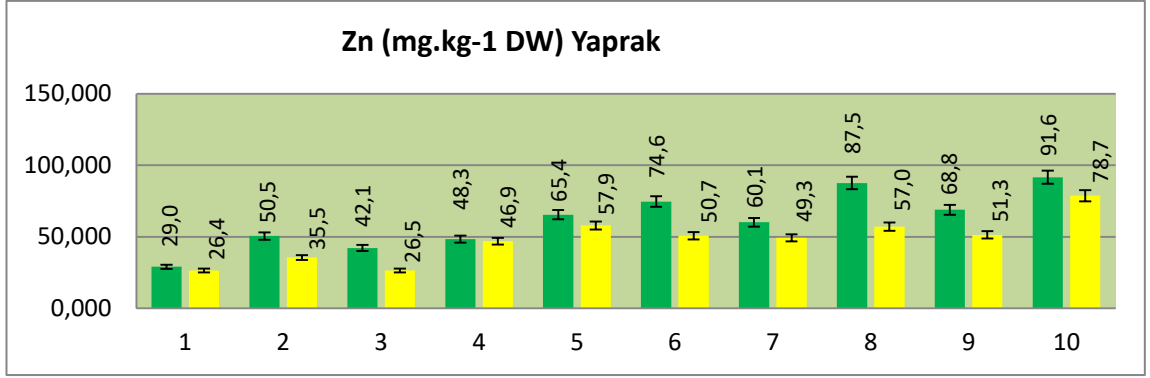
Çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *D. glomerata* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 57'de gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (110.759 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (273.937 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (101.844 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda 203.125mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda (84.116 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (187.881 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.





Şekil 60. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *M. longifolia*'da bulunan Zn miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

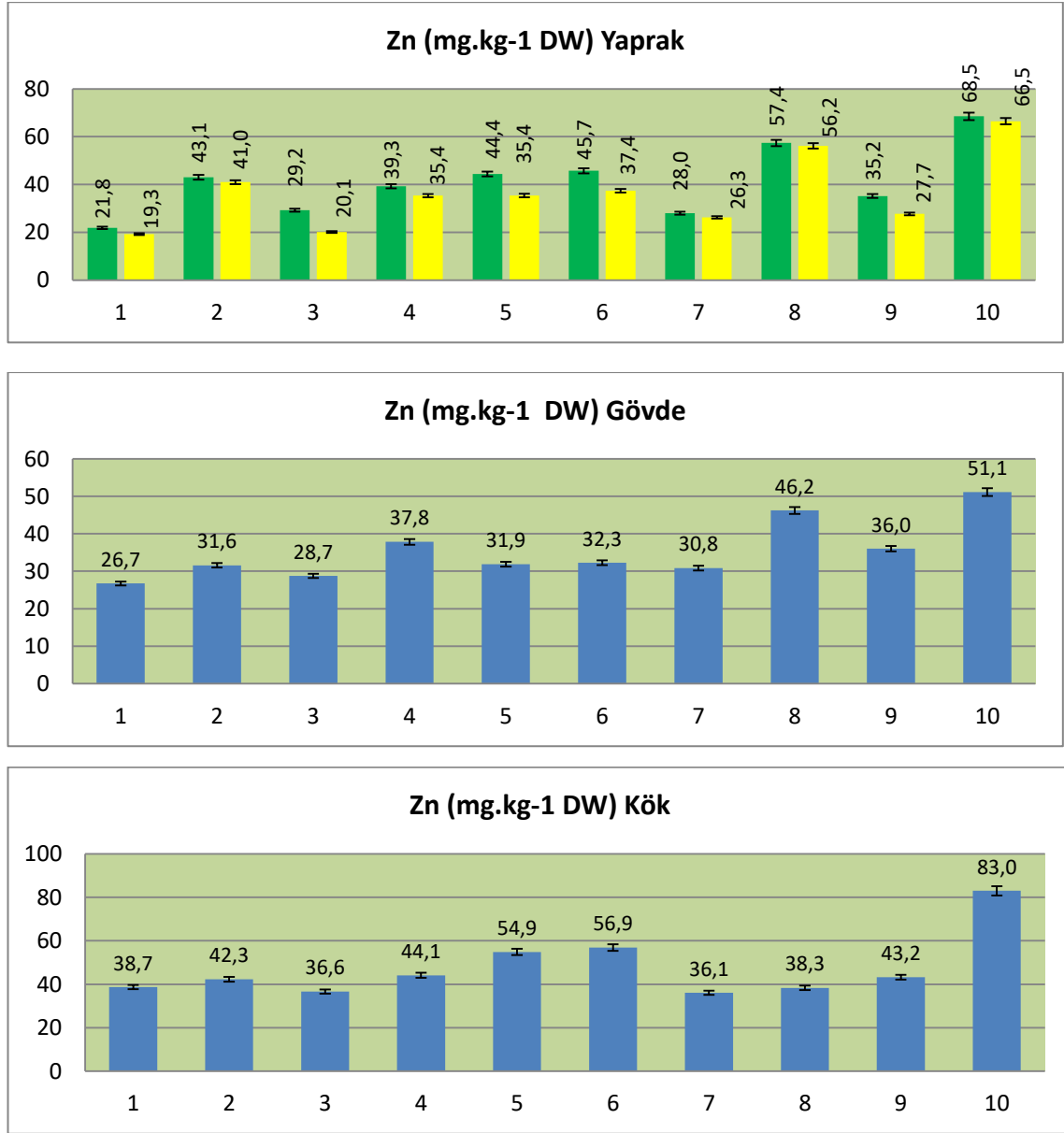
Çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *M. longifolia* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 58'de gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (91.417 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (238.513 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (75.582 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (185.504 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 3. istasyonda (99.474 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (161.872 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 61. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *P. nigra*'da bulunan Zn miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çığış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *P. nigra* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg⁻¹ DW cinsinden Şekil 59'da gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda (26.415 mg.kg⁻¹ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda (91.594 mg.kg⁻¹ DW)

¹ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 3. istasyonda (22.186 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 10. istasyonda (57.367 mg.kg⁻¹ DW); ve kökte en düşük 2. istasyonda (24.546 mg.kg⁻¹ DW) ve en yüksek 8. istasyonda (100.520 mg.kg⁻¹ DW) tespit edilmiştir.



Şekil 62. ICP-MS analiz sonuçlarına göre çalışma materyali olarak kullanılan *S. fragilis*'de bulunan Zn miktarları (Yeşil: Yıkanmamış Yaprak ve Sarı: Yıkanmış Yaprak) (1. İstasyon: Jıluu Bulak (Tepliye, Kluçi), 2. İstasyon: Araşan, 3. İstasyon: Taş-Moynok, 4. İstasyon: Beş-Kyngöy, 5. İstasyon: Kök-Jar, 6. İstasyon: Tüştük Magistral, 7. İstasyon: Ahunbaeva Jaddesi, 8. İstasyon: Çüy Jaddesi, 9. İstasyon: Çıgış Avtovokzal ve 10. İstasyon: Alamüdün Kiçi Rayonu)

Çinko için yapılan ICP-MS analiz sonuçları Bişkek-Kırgızistan'da istasyonlardan toplanan *S. fragilis* bitki örneklerinde sırası ile ortalama mg.kg^{-1} DW cinsinden Şekil 60'da gösterilmiştir. Çinko, bizim çalışmamızda: yaprakta en düşük 1. istasyonda ($19.264 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmış) ve en yüksek 10. istasyonda ($68.522 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW-yıkanmamış); gövdede en düşük 1. istasyonda ($26.738 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 10. istasyonda ($51.124 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW); ve kökte en düşük 1. istasyonda ($38.715 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) ve en yüksek 10. istasyonda ($82.979 \text{ mg.kg}^{-1}$ DW) tespit edilmiştir.

3.2. Bitkilerin Yetiştikleri Toprak Örneklerinde Belirlenen Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn Elementlerinin Konsantrasyonları

Toprakta sırası ile (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Alüminyum, en düşük 1. istasyonda (22491.421) ve en yüksek 5. istasyonda (40634.066); Kalsiyum, en düşük 3. istasyonda (10212.419) ve en yüksek 8. ve 9. istasyonlarda (45283,587 ve 46465.531); Krom, en düşük 3. ve 7. istasyonlarda (68,962 ve 71,934) ve en yüksek 10. istasyonda (126,955); Bakır, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (58,445 ve 47,136) ve en yüksek 10. istasyonda (324,366); Demir, en düşük 2. istasyonda (5986,692) ve en yüksek 5. ve 8. istasyonlarda (8008,475 ve 8281,466); Potasyum, en düşük 2. istasyonda (5061,135) ve en yüksek 8. istasyonda (13645,647); Magnezyum, en düşük 2. istasyonda (16348,965) ve en yüksek 8. istasyonda (26718,447); Nikel, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (51,153 ve 48,164) ve en yüksek 4. ve 9. istasyonlarda (79,664 ve 84,241); Kurşun, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (56,649 ve 40,660) ve en yüksek 7. istasyonda (414,466); Çinko, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (178,945 ve 177,298) ve en yüksek 8. ve 10. istasyonlarda (311,843 ve 345,098) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. 6 bitki türüne ait bitkilerin yetiştikleri toprak örneklerinde belirlenen Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonları (mg.kg⁻¹ kuru ağırlık). Değerlerin standart sapma oranları % 0.5-3 aralığındadır.

İstasyon	Topraktaki konsantrasyonlar (mg.kg ⁻¹ DW)									
	Ca	Fe	K	Mg	Al	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1.	20674,574	6084,031	9393,729	17838,440	22491,421	78,207	58,445	51,153	56,649	178,945
2.	17437,008	5986,692	5061,135	16348,965	23280,274	75,083	75,625	55,541	72,008	267,707
3.	10212,419	7306,013	7313,939	21349,431	36542,571	71,934	47,136	48,164	40,660	177,298
4.	19289,897	7331,588	9406,153	24003,848	36456,758	100,187	79,582	79,664	69,037	287,557
5.	15063,868	8008,475	7872,322	23068,719	40634,066	98,903	98,618	74,468	77,345	275,053
6.	29799,869	6197,890	5866,026	18220,799	24623,542	83,749	84,699	68,041	64,754	251,418
7.	40082,154	6462,810	8869,138	21490,409	31873,150	68,962	107,381	68,662	414,466	201,777
8.	45283,587	8281,466	13645,647	26718,447	43207,508	85,192	94,183	66,002	100,157	311,843
9.	46465,531	6948,365	7524,759	19652,093	29450,932	103,309	74,443	84,241	50,804	215,878
10.	27524,370	7756,801	6355,354	21387,907	29906,660	126,955	324,366	66,720	105,666	345,098

1: Jıluu Bulak (Teplıye, Kluçi) (1. istasyon), 2: Araşan (2. istasyon), 3: Taş- Moynok (3. istasyon), 4: Beş-Kyngöy (4. istasyon), 5: Kök-Jar (5. istasyon), 6: Tüştük Magistral (6. istasyon), 7: Ahunbaeva Jaddesi (7. istasyon), 8: Çüy Jaddesi (8. istasyon), 9: Çıgış Avtovokzal (9. istasyon) ve 10: Alamüdün Kiçi Rayonu (10. istasyon)

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Sanayii devriminden sonra ve devamında özellikle son yıllarda, ağır metal kirliliği artarak devam etmiş ve çok önemli bir çevre problemi haline gelmiştir. Bilinçli veya bilinçsiz doğaya salınan ağır metaller ekosisteme karışmaktadır ve su, toprak ve hava yoluyla dünyada yaşayan bütün türler için tehdit oluşturmaktadır. Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak, şehirlerde sayısı hızla artan motorlu taşıtlar, atmosfere saldıkları egzoz gazları nedeniyle en önemli kirlenici kaynaklar arasında gösterilmektedir. Karasal tüm motorlu araçlar, deniz taşıtları ve uçaklar kullandıkları petrol ve türevlerinin yanması sırasında atmosfere saldıkları çeşitli gaz ve toz yapıdaki kirlenitçiler ile ortam havasının kalitesini etkilemektedirler (Djingova ve Kuleff, 1993; Kılınç ve Kutbay, 2008; Nriagu, 2010). Ağır metal birikimi, bitki, hayvan ve insanlarda çeşitli sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olur. Ağır metaller, su, hava ve besin alımı yoluyla insan vücuduna girmektedir (Karpuzcu, 1999). Bitkilerden besin zinciri yolu ile insanlara geçen ağır metaller insanda birçok sağlık probleminin ortaya çıkmasına neden olabilirler. Bu problemlerden bazıları: hipertansiyon; santral sinir sistemi rahatsızlıkları; karaciğer, kalp, böbrek ve beyin gibi çeşitli organlarda ortaya çıkan hastalıklar; deri dökülmesi; çeşitli ülser ve kanser tipleridir (Karpuzcu, 1999). Bundan dolayıdır ki son yıllarda ağır metaller ve onların ekosistem ile olan etkileşimlerini hedef alan birçok bilimsel çalışma gerçekleştirilmiştir ve gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar özellikle ağır metaller tarafından bitkilerin fizyolojik, biyokimyasal, anatomik ve genetik yapısının nasıl değişikliğe uğratıldığı hakkındadır. Yapılan birçok çalışmada bitkilerde; mineral elementlerin alımının değişmesi, stres altında çeşitli enzim genlerinin ekspresyonunun artması yada azalması, anatomik yapısal değişiklikler, tolerans mekanizmalarının aktif hale gelmesi, genetik yapıdaki mutasyonlar gibi ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiş ve bunun ekosistem düzeyinde ne anlama geldiği tartışılmıştır (Kılınç ve Kutbay, 2008; Nriagu, 2010). Ağır metal stresinin, bitkilerde metabolik olayları nasıl etkilediğini ortaya koymak, ayrıca bitkilerin ağır metallere karşı hangi tepkileri verdiğini bilmek ve bitkilerin bunlara karşı hangi uyum mekanizmalarını geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir. Böylece problemin boyutu özellikle ekosistem seviyesinde daha iyi anlaşılabilir. Bu da sonuçta

alınacak önlemlerin ve gelecekle ilgili yapılacak planlamaların daha sağlıklı olmasına hizmet eder.

Çalışmamızda, bitki yapılarında analiz edilen metaller sırası ile Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Pb ve Zn olmuştur. Bu çalışmada ağır metal stresinden dolayı bitki metabolizmasının hangi yönde, hangi oranda etkilendiğinin tahminini yapabilmemiz için bitki bünyesinde ve topraktaki Ca, Fe, K ve Mg gibi mineral elementlerin analizleri yapılmıştır. Bu çalışma ile, Bişkek’de Alamedin nehri boyunca ağır metal kirliliğine maruz kalmış (kontrol grubu olarak da maruz kalmamış) farklı lokalitelerden toplanan *A. millefolium* (Çivanperçemi), *A. donax* (Kargı), *D. glomerata* (Domuz Ayrığı), *M. longifolia* (Tüylü Nane), *P. nigra* (Kara Kavak) ve *S. fragilis* (Gevrek Söğüt) bitkilerinin kök, gövde ve yaprak örneklerinden yararlanılarak, aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir. Bunlar sırasıyla;

Seçilen bitkilerin çeşitli organlarının ağır metal kirliliği için biyomonitör olarak kullanılabilirliği belirlenmiş, bu kirliliğin sınır ve boyutları nümerik olarak saptanmış, kirlilik kaynaklarının çeşitleri ile örnek alınan bitkilerin kirlilik kaynaklarına uzaklığının önemi araştırılmış, bitki örneklerinin, ağır metallerle hangi yollarla (hava yolu ile bitkinin toprak üstü kısımlarına veya topraktan köke) kontamine oldukları saptanmıştır. Bişkek’in Alamedin nehri boyunca çeşitli bölgelerinde, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn metallerinin obje bitkilerde neden olduğu kirlilik boyutu ve dağılımı tespit edilmiştir.

Kalsiyum temel bir makroelementtir. Yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*’da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (1254.990-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 5. istasyonda (14726.181-gövde); *A. donax*’da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (95.464-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (1870.957-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*’da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 5. istasyonda (1383.130-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 9. istasyonda (5540.427-yıkanmamış yaprak); *M. longifolia*’da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (980.848-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 9. istasyonda (5301.554-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*’da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (1215.465-gövde) ve en yüksek 9. istasyonda (7452.046-gövde); *S. fragilis*’de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 5. istasyonda (705.539-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 7. istasyonda (4307.581-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW

cinsinden): Kalsiyum, en düşük 3. istasyonda (10212.419) ve en yüksek 8. ve 9. istasyonlarda (45283.587 ve 46465.531) tespit edilmiştir. Kalsiyumun (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 10000-50000 ve bitkilerde 200-30000 arasındadır (Kacar ve Katkat, 2007). Kalsiyum seviyesi, *A. millefolium*, *A. donax*, *D. glomerata*, *M. longifolia*, *P. nigra* ve *S. fragilis*'te, yaprak, gövde (*A. donax*'ta, 1., 2., 3., 4. ve 5. istasyonlarda normalin altında) ve kökte (*A. donax*'ta, 2. ve 3. istasyonlarda normalin altında) normal sınırlar içerisinde kaldığı gözlenmiştir. Toprakta ise bütün istasyonlarda kalsiyum seviyesi normal sınırlar içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Genel trend olarak kent içinde kalan istasyonlarda (6., 7., 8., 9. ve 10.) kalsiyum seviyesinde artış olduğu gözlenmiştir.

Demir, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (74.393-gövde) ve en yüksek 5. istasyonda (2512.395-kök); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 4. istasyonda (23.503-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 6. istasyonda (1476.433-kök); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (350.815-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (2193.375-kök); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (210.145-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 8. istasyonda (1541.507-kök); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (246.149-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (1583.012-gövde); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 6. istasyonda (132.860-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 5. istasyonda (389.257-kök) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Demir, en düşük 2. istasyonda (5986.692) ve en yüksek 5. ve 8. istasyonlarda (8008.475 ve 8281.466) tespit edilmiştir. Demirin (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5000-50000 ve bitkilerde 10-1000 arasındadır (Anonim, 2018b; Anonim 2018c). Demir seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta (*D. glomerata*'da, 2. ve 3. istasyonlar hariç diğer istasyonlar normal sınırların üzerinde), gövdede (*A. millefolium*'da, 4., 5., 6. ve 7. istasyonlar; *A. donax*'da, 9. ve 10. istasyonlar; ve *P. nigra*'da 8. istasyon normal sınırların üzerinde) ve kökte (*A. millefolium*'da 4., 5., 6. ve 7. istasyonlar; *A. donax*'da, 6., 7., 8., 9. ve 10. istasyonlar; *D. glomerata*'da, bütün istasyonlar; *M. longifolia*'da, 4., 5., 8. ve 10. istasyonlar; ve *P. nigra*'da, 5. ve 8. istasyonlar normal sınırların üzerinde) normal sınırların içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda (6., 7., 8., 9. ve 10. istasyonlar) demir konsantrasyonunda artış olduğu ve

demir yoğunluğunun 6. ve 7. istasyonlarda - *A. millefolium*'da ve 7. ve 8. istasyonlarda - *A. donax*'da, antropojenik etki sonucu ortaya çıktığı düşünülebilir. Toprakta ise demir seviyesinin normal sınırlar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Potasyum, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (543.065-kök) ve en yüksek 7. istasyonda (19523.417-gövde); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 4. istasyonda (1428.776-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (9496.957-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 10. istasyonda (1850.03-gövde) ve en yüksek 1. istasyonda (3916.91-yıkanmamış yaprak); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 10. istasyonda (483.452-kök) ve en yüksek 3. istasyonda (6468.461-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 8. istasyonda (2361.245-kök) ve en yüksek 5. istasyonda (7386.164-yıkanmamış yaprak); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (896.032-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (3621.906-yıkanmamış yaprak) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Potasyum, en düşük 2. istasyonda (5061.135) ve en yüksek 8. istasyonda (13645.647) tespit edilmiştir. Potasyumun (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5000-50000 ve bitkilerde 10-1000 arasındadır arasındadır (Pratt, P. F., 1965). Potasyum seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta, gövdede (*A. millefolium*'da, 3. ve 7. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) ve kökte (*A. millefolium*'da, 7. istasyon normal sınırlar içerisinde) normal sınırların altında kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle şehir içerisinde kalan 7., 8., 9. ve 10. istasyonlarda potasyum seviyesi normal sınırların altında görüldüğü halde potasyum konsantrasyonundaki yükseklik göze çarpmaktadır. Potasyum seviyesi genelde, Toprakta ise bütün istasyonlarda potasyum seviyesinin normal sınırlar içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Magnezyum, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (101.951-kök) ve en yüksek 2. istasyonda (3452.997-yıkanmamış yaprak); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (180.589-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (9051.318-kök); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 10. istasyonda (493.054-gövde) ve en yüksek 4. istasyonda (1480.020-kök); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1}

DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (238.923-gövde) ve en yüksek 5. istasyonda (2901.921-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (298.007-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (2567.252-yıkanmamış yaprak); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 6. istasyonda (339.606-gövde) ve en yüksek 9. istasyonda (2654.158-yıkanmamış yaprak) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Magnezyum, en düşük 2. istasyonda (16348.965) ve en yüksek 8. istasyonda (26718.447) tespit edilmiştir. Magnezyum (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 300-8000 ve bitkilerde normal sınırları 1500-10000 arasındadır (Barker ve Pilbeam, 2007; Unver ve Anac, 2013).Magnezyum seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta, gövdede ve kökte normal sınırların altında kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda (6., 7., 8., 9. ve 10. istasyonlar) magnezyum konsantrasyonunda düşüş olduğu görülmüştür. Toprakta ise bütün istasyonlarda magnezyum seviyesinin normal sınırların üzerinde olduğu bulunmuştur. Bu bize bitkiye magnezyum alımının kirlilikten dolayı bitkiyi negatif etkilediği fikrine götürmektedir.

Alüminyum, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (11.092-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 5. istasyonda (540.319-kök); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (16.962-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (678.785-kök); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (28.067-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 8. istasyonda (560.424-kök); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (23.374-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (476.589-kök); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (14.281-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 8. istasyonda (682.809-kök); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (11.649-gövde) ve en yüksek 5. istasyonda (597.505-kök) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Alüminyum, en düşük 1. istasyonda (22491.421) ve en yüksek 5. istasyonda (40634.066) tespit edilmiştir. Alüminyum (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 4500-80000 ve bitkilerde normal sınırları 200-2000 (ortalama 40-500) arasındadır (Van H., 1991). Alüminyum seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta ve gövdede normal sınırların altında kaldığı halde kökte (*A. millefolium*'da, 1. ve 2. istasyonlarda ve *M. longifolia*'da, 1. ve 2. istasyonlarda normal sınırların altında) normal sınırlar içerisinde tespit

edilmiştir. Özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda diğer istasyonlara göre alüminyum konsantrasyonundaki yükseklik dikkati çekmektedir (*A. millefolium*'da, 5., 6. ve 7. istasyonlarda antropojenik etki görülmektedir). Toprakta ise alüminyum seviyesinin normal sınırlar içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Krom, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (0.104-gövde) ve en yüksek 5. istasyonda (16.405-kök); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (0.090-kök) ve en yüksek 8. istasyonda (1.322-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (0.414-kök) ve en yüksek 4. istasyonda (3.679-yıkanmamış yaprak); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (0.328-gövde) ve en yüksek 10. istasyonda (2.803-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (0.435-gövde) ve en yüksek 10. istasyonda (4.396-yıkanmamış yaprak); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (0.198-gövde) ve en yüksek 10. istasyonda (2.284-yıkanmamış yaprak) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Krom, en düşük 3. ve 7. istasyonlarda (68.962 ve 71.934) ve en yüksek 10. istasyonda (126.955) tespit edilmiştir. Krom (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5-120 ve bitkilerde normal sınırları 0.1-0.5 arasındadır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Krom seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta (*A. donax*'da, 1., 2., 3., 4., 5. ve 7. istasyonlar; *M. longifolia*'da, 7. istasyon; *S. fragilis*'te, 1., 2., 3. ve 7. istasyonlar normal sınırlar içerisinde), gövdede (*A. millefolium*'da, 1. ve 2. istasyonlar; *A. donax*'da, bütün istasyonlar istasyonlar; ve *S. fragilis*'te, 1., 2., 3. ve 7. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) ve kökte (*A. millefolium*'da 1. ve 2. istasyonlar; *A. donax*'da, 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. istasyonlar; *D. glomerata*'da, 1., 2., 3. ve 7. istasyonlar; ve *S. fragilis*'te, 1., 2., 3. ve 7. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) normal sınırların üstünde kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle şehir içerisinde kalan 8., 9. ve 10. istasyonlarda diğer istasyonlara göre krom konsantrasyonundaki yükseklik dikkati çekmektedir (*A. donax*'da, 6., 7., 8., 9. ve 10. istasyonlar; *D. glomerata*'da, 1. istasyon; *S. fragilis*'de, 10. istasyonda antropojenik etki görülmektedir). Ayrıca 4. ve 5. istasyonlar şehir içerisinde kalmasa bile çevrede toprağın sahip organik materyal miktarının yüksekliğinden dolayı krom konsantrasyonu yüksek tespit edilmiş olabilir. Toprakta ise bütün istasyonlarda krom seviyesi 10. istasyon hariç normal sınırların içerisinde tespit edilmiştir.

Bakır, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (1.179-kök) ve en yüksek 4. istasyonda (23.554-yıkanmamış yaprak); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (3.867-gövde) ve en yüksek 7. istasyonda (18.161-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (4.884-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 10. istasyonda (120.565-kök); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (14.201-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 10. istasyonda (107.495-kök); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (3.094-gövde) ve en yüksek 10. istasyonda (49.990-yıkanmamış yaprak); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (13.251-gövde) ve en yüksek 10. istasyonda (66.369-kök) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Bakır, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (58.445 ve 47.136) ve en yüksek 10. istasyonda (324.366) tespit edilmiştir. Bakırın (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 10-40 ve bitkilerde normal sınırları 25-75 arasındadır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Bakır seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta (*A. millefolium*'da, 4. istasyon normal sınırların üzerinde; *D. glomerata*'da, 10. istasyon, *M. longifolia*'da, 6. ve 7. istasyonlar, *P. nigra*'da, 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. istasyonlarda ve *S. fragilis*'te, 4., 5., 6., 7., 8., 9. ve 10. istasyonlar normal sınırlar içerisinde), gövdede (*A. millefolium*'da, 4. istasyonda normal sınırların üzerinde; *D. glomerata*'da, 10. istasyon, *M. longifolia*'da, 4., 5., 6., 7. ve 10. istasyonlar, ve *S. fragilis*'te, 6., 7. ve 10. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) ve kökte (*A. millefolium*'da, 4. istasyon, *A. donax*'da, 10. istasyon, *M. longifolia*'da, 10. istasyon normal sınırların üzerinde; *D. glomerata*'da, 1., 2., 4., 5., 6., 7., 8. ve 10. İstasyonlar, *M. longifolia*'da, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8. ve 9. istasyonlar, *P. nigra*'da, 5., 7., 8. ve 10. istasyonlar ve *S. fragilis*'te, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. ve 10. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) normal sınırların altında kaldığı tespit edilmiştir. *A. donax*'da, özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda (8. ve 9. istasyonlarda antropojenik etki görülmektedir) diğer istasyonlara göre bakır konsantrasyonundaki yükseklik dikkati çekmektedir. Toprakta ise bütün istasyonlarda bakır seviyesi normalin üzerinde olarak tespit edilmiştir.

Nikel, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (0.698-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 5. istasyonda (28.206-gövde); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW

cinsinden), en düşük 3. istasyonda (0.986-kök) ve en yüksek 7. istasyonda (12.938-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 8. istasyonda (0.699-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 6. istasyonda (6.601-gövde); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 2. istasyonda (0.318-gövde) ve en yüksek 9. istasyonda (5.322-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (0.190-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 9. istasyonda (13.094-gövde); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (0.677-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 8. istasyonda (7.338-gövde) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Nikel, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (51.153 ve 48.164) ve en yüksek 4. ve 9. istasyonlarda (79.664 ve 84.241) tespit edilmiştir. Nikelin (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 5-50 ve bitkilerde normal sınırları 0.2-10 arasındadır (Barker ve Pilbeam, 2007; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Nikel seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta (*A. millefolium*'da, 5. istasyon; *A. donax*'da, 7. istasyon normal sınırlar içerisinde), gövdede (*A. millefolium*'da, 5. istasyon; *P. nigra*'da, 9. ve 10. istasyonların normal sınırların üstünde) ve kökte (*A. millefolium*'da, 5. istasyon normal sınırların üzerinde) normal sınırların içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. *M. longifolia* ve *S. fragilis*'te, özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda nikel konsantrasyonunda artış görülmektedir. *D. glomerata*'da, 4., 5. ve 6. istasyonlarda, *P. nigra*'da, 7. ve 10. istasyonlarda ve *S. fragilis*'te, 5., 9. ve 10. istasyonlarda nikel yoğunluğunun antropojenik etki sonucu ortaya çıktığı söylenebilir. Toprakta ise bütün istasyonlarda nikel seviyesi 3. istasyon (normal sınırlar içerisinde ama üst sınıra yakın) hariç normal sınırların üzerinde tespit edilmiştir.

Kurşun, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (0.790-gövde) ve en yüksek 7. istasyonda (42.622-gövde); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (3.995-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (25.487-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (2.182-kök) ve en yüksek 7. istasyonda (29.177-kök); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (1.661-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 7. istasyonda (33.078-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 4. istasyonda (4.088-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 7. istasyonda (49.466-gövde); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (2.802-gövde) ve en yüksek 7. istasyonda (75.519-

kök) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Kurşun, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (56.649 ve 40.660) ve en yüksek 7. istasyonda (414.466) tespit edilmiştir. Kurşun (mg.kg^{-1} DW cinsinden), toprakta normal sınırları 10-30 ve bitkilerde normal sınırları 0.2-8 arasındadır (Serap S 2003). Kurşun seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta (*A. millefolium*'da, 1., 2. ve 3. istasyonlar; *A. donax*'da, 1., 2., 3. ve 9. istasyonlar; *D. glomerata*'da, 1., 2., 3. ve 4. istasyonlar; *M. longifolia*'da, 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. istasyonlar; *P. nigra*'da, 1., 2., 3. ve 4. istasyonlarda normal sınırlar içerisinde), gövdede (*A. millefolium*'da, 1., 2., 3. ve 4. istasyonlar; *A. donax*'da, 1., 2. ve 3. istasyonlar; *D. glomerata*'da, 1., 2., 3., 4. ve 5. istasyonlar; *M. longifolia*'da, 1., 2., 3., 4. ve 5. istasyonlar; *P. nigra*'da, 1., 2., 3. ve 4. istasyonlarda; ve *S. fragilis*'te, 1., 2., 3., 4., 5., 6., 8., 9. ve 10. istasyonlar normal sınırlar içerisinde) ve kökte (*A. millefolium*'da, 1. istasyon; *A. donax*'da, 1., 2., 3., 4. ve 9. istasyonlar; *D. glomerata*'da, 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. istasyonlar; *M. longifolia*'da, 1., 2., 3. ve 4. istasyonlar; ve *P. nigra*'da, 1., 2., 3. ve 4. istasyonlarda normal sınırlar içerisinde) normal sınırların üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda kurşun konsantrasyonunda artış görülmektedir. *A. millefolium*'da, 5., 6. ve 7. istasyonlarda ve *P. nigra*'da, 6., 9. ve 10. istasyonlarda, kurşun yoğunluğunun antropojenik etki sonucu ortaya çıktığı söylenebilir. Toprakta ise kurşun seviyesinin bütün istasyonlarda normal sınırların üzerinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Çinko, yapılan çalışmada sonuçlar dikkate alındığında bizim çalışmamızda: *A. millefolium*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (24.90-gövde) ve en yüksek 7. istasyonda (232.10-gövde); *A. donax*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (95.864-kök) ve en yüksek 10. istasyonda (293.519-yıkanmamış yaprak); *D. glomerata*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (84.116-kök) ve en yüksek 10. istasyonda (273.937-yıkanmamış yaprak); *M. longifolia*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 3. istasyonda (75.582-gövde) ve en yüksek 10. istasyonda (238.513-yıkanmamış yaprak); *P. nigra*'da (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (20.987-gövde) ve en yüksek 8. istasyonda (100.520-kök); *S. fragilis*'de (mg.kg^{-1} DW cinsinden), en düşük 1. istasyonda (19.264-yıkanmış yaprak) ve en yüksek 10. istasyonda (82.979-kök) tespit edilmiştir. Toprakta (mg.kg^{-1} DW cinsinden): Çinko, en düşük 1. ve 3. istasyonlarda (178.945 ve 177.298) ve en yüksek 8. ve 10. istasyonlarda (311.843 ve 345.098) olarak tespit edilmiştir. Çinko (mg.kg^{-1} DW

cinsinden), toprakta normal sınırları 10-300 ve bitkilerde normal sınırları 20-200 arasındadır (Boşgelmez ve ark., 2001). Çinko seviyesinin, çalışılan bütün bitki türlerinde, yaprakta (*A. donax*'da, 4., 5., 6., 8., 9. ve 10. istasyonlar normal sınırlar üzerinde), gövdede (*A. millefolium*'da, 1. istasyonda normal sınırların altında ve 5. ve 7. istasyonlarda normal sınırların üzerinde) ve kökte normal sınırlar içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. *A. millefolium* ve *S. fragilis* hariç diğer türlerle yapılan ölçümlerde özellikle şehir içerisinde kalan istasyonlarda çinko konsantrasyonunda artış görülmektedir. *D. glomerata*'da ve *M. longifolia*'da, 10. istasyonda ve *P. nigra*'da, 6., 8. ve 9. istasyonlarda, çinko yoğunluğunun antropojenik etki sonucu ortaya çıktığı söylenebilir. Toprakta ise çinko seviyesinin sadece 8. ve 10. istasyonlarda aşıldığı tespit edilmiştir.

Ağır metaller açısından incelendiğinde: ağır metal içeriklerinin çoğu zaman normal limit değerleri aştığı tespit edilmiştir. Mineral elementler açısından incelendiğinde ise mineral element içeriklerinin bazılarının bitkilerde bazen normal seviyelerin üzerinde ve bazılarının normal seviyelerin altında kaldığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar bize ağır metallerin bitkilere girişi ve akümüasyonu ile birlikte bunun bir sonucu olarak bitkilerin mineral element alımlarının ve akümüasyonlarının değiştiğini gösteriyor. Yani ağır metal alımı ve birikimi bitki metabolizmasını etkilememektedir. Sonuç olarak, yapılan çalışmanın sonuçları itibari ile Bişkek'te çevre kirliliğinin insan sağlığını tehdit edecek düzeye bazı ağır metaller açısından geldiğini söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

- [1] Akay C, Kalman S, Dundaroz R, et al. Serum Aluminium Levels in Glue-Sniffer Adolescent and in Glue Containers. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*. 2008; 102 : 433-6.
- [2] Akguc, N., Ozyigit, I. I., & Yarci, C. E. L. Â. L. (2008). *Pyracantha coccinea* Roem.(Rosaceae) as a biomonitor for Cd, Pb and Zn in Mugla province (Turkey). *Pak. J. Bot*, 40(4), 1767-1776.
- [3] Akpolat T, Utaş C (Ed.). Hemodiyaliz Hekimi El Kitabı, 2.baskı, Anadolu Yayıncılık, Kayseri; 2001: 218-38.
- [4] Aksoy, A.; Demirezen, D.: “Fraxinus excelsior as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution”, *Polish Journal of Environmental Studies* 15(1), (2006) 27-33.
- [5] Aksoy, A.; Öztürk M.A.: “Nerium oleander L. as a Biomonitor of Lead and Other Heavy Metal Pollution in Mediterranean Environments”, *The Science of The Total Environment*, Volume 205, Number 2, Elsevier, (1997) 145-150.
- [6] Alan S. Alüminyum Raporu. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 2008.
- [7] Alden, P., Heath, F., Leventer, A., Keen, R. ve Zomfler, W.B. eds. 1998. *National Audubon Society Field Guide to California*. Knopf, New York.
- [8] Alkış M. Türk şaraplarında ağır metallerin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi) Ankara, Ankara Üniversitesi, 2011.
- [9] Al-Khlaifat, A.L. and Al-Khashman, O.A. (2007). Atmospheric heavy metal pollution in Aqaba city, Jordan, using *Phoenix dactylifera* L. leaves. *Atmospheric Environment*, 41(39): 8891–8897.
- [10] Amusan, A.A., Ige, D.V., & Olawale, R. (2005) Characteristics of soils and crops’ uptake of metals in municipal waste dump sites in Nigeria. *J. Hum. Ecol*, 17 (3), 167-171.
- [11] Anonim 1. *Populus nigra* L. - Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=poni>
- [12] Anonim 2. *Dactylis glomerata* L.- Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=DAGL>

- [13] Anonim 9. *Mentha longifolia* L. - Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service
<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=MESP3>
- [14] Anonim 13. *Salix fragilis* L. - Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service
<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SAFR>
- [15] Anonim 17. *Arundo donax* L. - Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service
<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=ARDO4>
- [16] Anonim 21. *Achillea millefolium* L. – Classification United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service
<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=ACMI2>
- [17] Anonymous (2006) *Dactylis* sp. International organization for plant Information.
<http://www.bgbm.OrgZIQHZGPC/>
- [18] Anonim; Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2017a)
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>.
- [19] Anonim; European Environment and Health Committee (EEHC), UN Protocol on Heavy Metals (2017c).
- [20] Anonim;<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/cd-en.htm> (07.01 2007b)
- [21] Anonim;<http://www.ibb.gov.tr/trTR/Pages/Haber.aspx?NewsID=15716> (09.10.2017d).
- [22] Anonim; Alüminyum, Vikipedi, özgüransiklopedi,
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Aliminyum> (2017c).
- [23] Anonim; Krom, Vikipedi, özgüransiklopedi, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Krom> (2017ç).
- [24] Anonim;Kurşun,Vikipedi,özgüransiklopedi, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kurşun> (2017e).
- [25] Anonim; Nikel, From Wikipedia, the free encyclopedia,
<https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel> (2017f).
- [26] Anonim; Çinko, From Wikipedia, the free encyclopedia,
<https://ru.wikipedia.org/wiki/цинк> (2018a).

- [27] Anonim; Bitki Besin Elementleri, <https://kimyaca.com/bitki-besin-elementleri/> (2018b).
- [28] Anonim; Bitki Besin Elementleri, <http://www.yenibiyoloji.com/> (2018c).
- [29] Anonim; biyomonitör organizmler, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Biyoen dikat> (2018d).
- [30] Aravind, P. ; Prasad, M.N.V.: “Cadmium-Zinc Interactions in A Hydroponic System Using Ceratophyllum demersum L.”, Brazil Journal of. Plant Physiology Vol.17,1, (2005).
- [31] Asri, F. Ö.; Sönmez, S.: “Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri”, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya <http://www.batem.gov.tr/ana/ozetler.doc>,(17.09.2007) 36-45.
- [32] Azevedo, R. A.; Lea, P.J.: “Toxic Metals in Plants”, Brasil Journal Plant Physiology, Vol.17 No.1, Londrina (2005) 1.
- [33] Bakac, M. ve Kumru, M. N. (2000) Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Menemen (İzmir) Ovası su ve topraklarında radyoaktivite araştırılması ve ağır metal kirliliği, Cilt: 9 Sayı: 35, 26-30.
- [34] Bakar, C. ve Baba, A. (2009). Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1. Tıbbi Jeoloji Çalışmayı.
- [35] Barker, A. V. ve Pilbeam, D. J. (Eds.). (2007). Handbook of plant nutrition (Vol. 117). CRC press.
- [36] Banerjee, U. S., & Gupta, S. (2017). Metal contamination in cultivated vegetables and agricultural soils irrigated with untreated industrial wastewater. Environmental Pollution and Protection, 2(1), 15-22.
- [37] Bayçu, G. ve Önal, M. (1993). An investigation of the levels of cadmium and lead in the soils and in the leaves of selected specimens of *Ailanthus altissima* found growing beside a freeway in İstanbul. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Dergisi, 56: 21-34.
- [38] Baytop, T. (1984). Türkiye’de Bitkilerle Tedavi, I.U Eczacılık Fak.,1984, İstanbul
- [39] Bertan, M.; Güler, Ç.: “Halk Sağlığı (Temel Bilgiler)” Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye. (1995) 270-273.

- [40] Berthelsen, B.O., Steinnes, E., Solberg, W. ve Jingsen, L. (1995). Heavy-metal concentrations in plants in relation to atmospheric heavy-metal deposition. *J. Environ. Qual.* 24(5): 1018-1026.
- [41] Bhagavan NV. *Medical Biochemistry* (4th edition). Harcourt/Academic Press, Canada. 2002: 894.
- [42] Bharathi, Vasudevaraju P, Govindaraju M, et al. Molecular Toxicity of Aluminium in Relation to Neurodegeneration. *Indian J Med Res* 2008; 128 :545-556.
- [43] Bonanno, G. (2012). *Arundo donax* as a potential biomonitor of trace element contamination in water and sediment. *Ecotox. Environ. Safe.*, 80: 20-27.
- [44] Boose, A. B. ve J. S. Holt. (1999). Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. *Weeds Research* 39: 117-127.
- [45] Boşgelmez, A.; Boşgelmez, İ.İ.; Paşlı, N.; Savaşçı, S.; Kaynaş, S.: “Ekoloji I” ISVAK yayınları No: 6, (2000) 38-404.
- [46] Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Paşlı, N., Savaşçı, S. ve Kaynaş, S. (2001). “Ekoloji-II Toprak” Ankara, Baskent Klişe Matbaacılık, No: 6: 460-707.
- [47] Burtis, C.A. ve Ashwood, R. E. (2002). “Fundamentals Of Clinical Chemistry”, EPHC (Environment Protection & Heritage Council), 5th Edition, 652-659.
- [48] Carfagna, S., Lanza, N., Salbitani, G., Basile, A., Sorbo, S., & Vona, V. (2013). Physiological and morphological responses of Lead or Cadmium exposed *Chlorella sorokiniana* 211-8K (Chlorophyceae). *SpringerPlus*, 2(1), 147.
- [49] Clapp T, Siebert P, Chen D, et al. *Vaccines with Aluminum-containing Adjuvants: Optimizing Vaccine Efficacy and Thermal Stability*. Wiley Online Library, 2010.
- [50] Chen, X.Y., Daniell, T.J., Neilson, R., O’Flaherty, V., Griffiths, B.S. (2010) A comparison of molecular methods for monitoring soil nematodes and their use as biological indicators. *European Journal of Soil Biology* Volume 46, Issue 5, September–October 2010, Pages 319–324.
- [51] Clemens, S.: “Molecular Mechanisms of Plant Metal Tolerance and Homeostasis”, *Planta* 212 (2001) 475–486

- [52] Dalton J, Krishnan S, McLashlan D, et al. Aluminium and Calcium in Soil and Food From Guam, Palau and Jamaica: Implications for Ald and Parkinsonism-Dementia Syndromes of Guam. *Brain*. 1989; 112: 45-53.
- [53] Das, P.; Samantaray, S. Rout, G.R.: “Studies on Cadmium Toxicity in Plants”, *Envir.Pollution* 98, (1997) 29-36.
- [54] Daş, B., Arik, F., Ozturk, A., & Altay, O. (2012) KROM MADENCİLİĞİ VE GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE İNSANLIK TARİHİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ. *Journal of Life Sciences*, 1 (2).
- [55] DeCaprio, A.P. (1997). Biomarkers: Coming of age for environmental health and risk assessment. *Env. Sci. Tech.*, 31: 1837-1848.
- [56] Dinara Y., Kırgızistan’da tüketilen bazı tıbbi bitki türlerindeki ağır metaller, *Biyoloji, tez, Kırgızistan – Türkiye Üniversitesi, Bişkek, 2016.*
- [57] Djingova, R. ve Kuleff, I. (1993). Monitoring of heavy metal pollution by *Taraxacum officinale*. In B. Markert (ed.), *Plants as Biomonitors Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. VCH Publisher, Weinheim, 435-460.
- [58] Dökmeci, İ: “Toksikoloji Akut Zehirlenmelerde Tanı ve Tedavi” Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, Türkiye (1994) 339-351.
- [59] Dudley, T.L., Lambert, A.M., Kirk, A. ve Tamagawa, Y. (2008). Herbivores of *Arundo donax* in California. Pages 146-152 in *Proceedings of the XII International Symposium on Biological Control of Weeds*. Wallingford, UK: CAB International.
- [60] Duong, T.T.T. ve Lee, B.K. (2011) Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics, *Journal of Environmental Management* Volume 92, Issue 3, March 2011, Pages 554–562.
- [61] Elik, A. ve Akçay, M. (2000). Sivas Kenti’nde ağır metal kirliliğinin yerel ve zamansal değişimi. *Turkish Journal of Engineering Environment Science*, 24: 15-24.
- [62] Epstein, E. (1999). Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 641-664.
- [63] Encyclopedia of life (EOL). Black Poplar (*Populus nigra L.*), 2018.
- [64] El-Hasan, T., Al-Omari, H., Jiries, A. ve Al-Nasir, F. (2002). Cypress tree (*Cupressus sempervirens L.*) bark as an indicator for heavy metal pollution in the atmosphere of Amman City, Jordan. *Environ. Int*, 28(6): 513-519.

- [65] Eroğlu, A. ve Aksoy, N. (2003). Jeotermal Suların Kimyasal Analizi. In Toksoy, M.(ed.), Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı MMO Yay., İzmir 149-183.
- [66] Eröztürk, N. (1994). Gesundheit aus der Apotheke Gottes” “Tanrı’nın Eczanesinden Sağlık”, Maria Treben , Anahtar Kitaplar Yayınları
- [67] Favier A. Is zinc a cellular mediator in the regulation of apoptosis. Met Ions Biol Med. 1998;5:1647.
- [68] Farooq, M.; Anwar, F., Rashid, U.: “Appraisal of Heavy Metal Contents in Different Vegetables Grown in the Vicinity of an Industrial Area” Pak. J. Bot., 40(5), (2008) 2099-2106.
- [69] Fernández, P.M., Cabral, M.E., Delgado, O.D., Fariña, J.I., & Figueroa, L.I.C. (2013) Textile-dye polluted waters as a source for selecting chromate-reducing yeasts through Cr (VI)-enriched microcosms. International Biodeterioration & Biodegradation, 79, 28-35.
- [70] Foy, C.D., Chaney, R.L. ve White, M.C. (1978). Physiology of metal toxicity in plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 29: 511.
- [71] Furlani, E., Aneggi, E., de Leitenburg, C. ve Maschio, S. (2014). High energy ball milling of titania and titania–ceria powder mixtures. Powder Technology, 254, 591-596.
- [72] García-Seoane, R., Varela, Z., Carballeira, A., Aboal, J. R., & Fernández, J. Á. (2017). Temporal trends in mercury concentrations in raptor flight feathers stored in an environmental specimen bank in Galicia (NW Spain) between 2000 and 2013. Ecotoxicology, 26(2), 196-201.
- [73] Gençkan, M.S. (1983) Yembitkileri Tarımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları No: 467, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- [74] Gerhardsson, L., Englyst, V., Lundström, N., Sandberg, S., Nordberg, G., “Cadmium, Copper and Zinc in Tissues of Deceased Copper Smelter Workers” Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Vol:16 (2002) 261-266.
- [75] Gómez-Arroyo, S., Barba-García, A., Arenas-Huertero, F., Cortés-Eslava, J., de la Mora, M. G., García-Martínez, R. (2018). Indicators of environmental contamination by heavy metals in leaves of *Taraxacum officinale* in two zones of the metropolitan area of Mexico City. Environmental Science and Pollution Research, 25(5), 4739-4749.

- [76] Gökhan Orhan MF212, 2016-2017 güz yy.
- [77] Guilloy-Froget H., Muller E., Barsoum N., Hughes F.M.M. (2002). Dispersal, germination and survival of *Populus nigra* L. (Salicaceae) in changing hydrologic conditions. ResearchGate, 22(3):478-488.
- [78] Guzman-Morales, J., O. Morton-Bermea, E. Hernandez-Alvarez, M.T. Rodriguez-Salazar, Garcia-Arreola, M.E. ve Tapia-Cruz, V. (2011). Assessment of atmospheric metal pollution in the urban area of Mexico City using *Ficus benjamina* as biomonitor. B. Environ. Contam. Tox., 86(5): 495-500.
- [79] Gündüz, T.: “ Çevre Sorunları”, A.Ü.Fen Fakültesi Kimya Bölümü Bilge Yayıncılık (1994) 130-148.
- [80] Güler, Ç. ; Çobanoğlu Z.: “Kimyasallar ve Çevre”, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:50, Ankara, (1997) 9-24.
- [81] Gülizar Özbolat , Abdullah Tuli. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Adana, Turkey – 2016
- [82] Günaydın N. Uzun Süreli Alüminyum Kaplarda Yapılan Yoğurtlarla Beslenenlerde Plazma Alüminyum Seviyeleri ile Oksidatif Durum Arasındaki İlişkinin Araştırılması. HRÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 2005.
- [83] Hamdy, A.S. ve Butt, D.P. (2013). Corrosion mitigation of rare-earth metals containing magnesium EV31A-T6 alloy via chrome-free conversion coating treatment. Electrochimica Acta, 108: 852-859.
- [84] Hatipoğlu, R., Avcioğlu, R., Karadağ Y. (2009). Yembitkilerinin Tanımı ve Tarihi. Yembitkileri Genel Bölüm Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir, 5-10.
- [85] Hernandez, L.M., Rico, C., Gonzalez, J. ve Hernan, A. (1987). Environmental contamination by lead and cadmium in plants from an urban area of Madrid, Spain, B. Environ. Contam. Tox., 38(2): 203-208.
- [86] Janssen, S., Sass, J., Schettler, T., & Solomon, G. (2012) Strengthening toxic chemical risk assessments to protect human health. Natural Resources.
- [87] Jalilova A., Çu bölgesinde Çu ırmağındaki Pb’un biyojeokimyası, ekoloji-biyojeokimya, doktora tezi, Oş Teknik üniversitesi, UDK 502.55:546.815(282.255)(575.2), Bishkek,2008.

- [88] Jarup, L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 2003;68:167-82. 6.
- [89] Jung, G.A. ve Baker, B.S. (1985). Orchardgrass. In: Forages, M.E. heath, R.F. Bames, D.S. Metcalfe (eds), pp: 224-232, Iowa State University Pres, Iowa.
- [90] Kabak YB, Gülbahar MY. Sıçanlarda deneysel bakır zehirlenmesinde karaciğer ve böbrek dokularında apoptozisin belirlenmesi. *Vet Fak Derg.* 2013;60:39-45.
- [91] Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H. (2001). "Trace Elements in Soils and Plants", CRC Pres. LLC (Third Ed.) Boca Raton, Florida, 1-403.
- [92] Kabata-Pendias, A.; Mukherjee, A.B: "Trace Elements from Soil to Human" Springer Berlin Heidelberg New York (2007) 1-519.
- [93] Kacar, B. ve Katkat, A.V. (2007). Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayınları, 3, Bursa.
- [94] Kaçar, B. ve Katkat, V. (2007) Bitki Besleme Nobel Yayınları.
- [95] Kahvecioğlu, Ö.; Kartal, G.; Güven, A.; Timur, S.: "Metallerin Çevresel Etkileri-I" İTÜ, Metalürji ve Malzeme Müh. Bölümü, *Metalurji Dergisi.* 136, İstanbul (2001) 47-53
- [96] Kiaune L, Singhasemanon N. Pesticidal copper (I) oxide: environmental fate and aquatic toxicity. *Rev Environ Contam Toxicol.* 2011;213:1-26. 53.
- [97] Kamrin, M. (2004). *Biomonitoring Basics* (a report from biomonitoring info.org). Environmental Health Research Foundation, Manassas, VA.
- [98] Kargı, F.: "Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler", Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak. Basım Ünitesi, 2. Baskı, İzmir (1995).
- [99] Karpuzcu, M. (1999). Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 143-152.
- [100] Kartal, G. ; Güven, A.; Kahvecioğlu, Ö.; Timur, S.: "Metallerin Çevresel Etkileri- II", İTÜ Metalürji ve Malzeme Müh. Böl., *Metalurji Dergisi.* 137, İstanbul (2004).
- [101] Kasaplar G. Alüminyum Yüzeyindeki Oksit Tabakasının Okzalik Asit Anodizing Yöntemiyle Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2007.
- [102] Kaynak, A.G. ve Tasdemir, Y. (2003). Anaerobik stabilizasyon havuzlarında ağır metal giderimi. Bursa örneği. *Çevre Koruma*, 12(46): 1-7.

- [103] Kılınç, M. ve Kutbay, H.G. (2008). Bitki Ekolojisi, Palme Yayıncılık, Geliştirilmiş 2. Baskı.
- [104] Klatzo I, Wisniewski HM, Streicher E. Experimental Production of Neurofibrillary Degeneration. J Neuropath Exp Neur. 1965; 24 : 187-99.
- [105] Kimya Teknolojisi "Metaller 1". Mesleki ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, T.C. M.E.B. Ankara 2008.
- [106] Kovacs, M., Podani, J., Klincsek, P., Dinka, M. ve Toeroek, K. (1981). Element composition of the leaves of some deciduous trees and the biological indication of heavy metals in an urban-industrial environment. Acta. Bot. Hung., 27(1-2): 42-43.
- [107] Krolak, E. (2003). Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd by dandelion (*Taraxacum officinale*) in environments with various degrees of metallic contamination, Department of Ecology and Environment Protection, University of Podlasie.
- [108] Korzeniowska, J.E. ve Stanislawska-Glubiak, E. (2003). Copper concentration in the top plant tissue as an indicator of Cu toxicity, EJPAU., 6(1): 2. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue1/environment/art-02.html>
- [109] Kushwaha, S., Sreedhar, B., & Sudhakar, P.P. (2012) A spectroscopic study for understanding the speciation of Cr on palm shell based adsorbents and their application for the remediation of chrome plating effluents. Bioresource technology, 116, 15-23.
- [110] Li, F.; Kang, L.; Gao, X.; Hua, W.; Yang, F.; Hei, W.: "Traffic-Related Heavy Metal Accumulation in Soils and Plants in Northwest China", Soil and Sediment Contamination, Volume 16, Issue 5, (2007) 473 – 484
- [111] Mackenzie, A. (2004). Giant Reed. In: The Weed Workers' Handbook. C. Harrington and A. Hayes (eds.) www.cal-ipc.org/file_library/19646.pdf
- [112] Madejon, P., Maranon, T., Murillo, J.M. ve Robinson, B. (2004). White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests. Environ. Pollut., 132(1): 145-155.
- [113] Matsumoto, K., Watanabe, H., & Yoshida, N. (2013) A TEM Investigation of Crack Formation Mechanism on Chrome–Molybdenum Steel Tested under Real Driving Conditions. Tribology Transactions, 56 (6), 897-907.
- [114] Marschner, H.: "Mineral Nutrition of Higher Plants", Academic Press, London (1995).

- [115] Markert B. (Ed.):“Plants As Biomonitors: Indicators For Heavy Metals in The Terrestrial Environment”, Vch, Weinheim, Frgermany, (1993) 640.
- [116] Meikle, R.D. (1984). Willows and Poplars of Great Britain and Ireland. BSBI Handbook No. 4. ISBN 0-901158-07-0.
- [117] Memon, A. R., Kazi, T. G., Afridi, H. I., Jamali, M. K., Arain, M. B., Jalbani, N., Syed, N., “Evaluation of Zinc Status in Whole Blood and Scalp Hair of Female Cancer Patients” Clinica Chimica Acta 379, (2007) 66-70.
- [118] Metin, Ö. ve Özkar, S. (2011) Water soluble nickel(0) and cobalt(0) nanoclusters stabilized by poly(4-styrenesulfonic acid-co-maleic acid): Highly active, durable and cost effective catalysts in hydrogen generation from the hydrolysis of ammonia borane. International Journal of Hydrogen Energy Volume 36, Issue 2, January 2011, Pages 1424–1432.
- [119] Metin TOPYILDIZ Ender YARSAN,ÇEVRESEL KİRLİLİĞİN İZLENMESİNDE BİYOİNDİKATÖR CANLILAR, Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi 2014
- [120] Nagajyoti, P.C., Lee, K.D. (2010) Sreekanth T.V.M. , Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review , Environmental Chemistry LettersSeptember 2010, Volume 8, Issue 3, pp 199-216.
- [121] Nriagu, J.O. (2010). Global Metal Pollution: Poisoning the Biosphere?, Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 32(7): 7-33.
- [122] Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehlivan, M. (2009) The Effects of Heavy Metals on Plants. Alnteri Journal Of Agricultural Sciences.
- [123] Oliva, S.R. ve Valdes, B. (2004). Influence of washing on metal concentrations in leaf tissue. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 35: 1543-1552.
- [124] Onur E. Alüminyum Toksisitesinin Kalite Kontrol Açısından Değerlendirilmesi. Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi. 1997; 74-9.
- [125] Osma, E., Ozyigit, I.I., Leblebici, Z., Demir, G. ve Serin, M. (2012). Determiation of heavy metal concentrations in tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) grown in different station types. Rom. Biotech. Lett, 17(1): 6962-6974.
- [126] Osman, A.G. ve Kloas, W. (2010). Water quality and heavy metal monitoring in water, sediments, and tissues of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the river Nile, Egypt. Journal of Environmental Protection, 1: 389-400.

- [127] Ozaki, I., Watanabe, I., Kuno, K. (2004) As, Sb and Hg distribution and pollution sources in the roadside soil and dust around Kamikochi, Chubu Sangaku National Park, Japan. *Geochemical Journal*, 38, 473-484.
- [128] Özcan, M.M., Dursun, N., Juhaimi, F.A. (2013) Macro- and microelement contents of some legume seeds. *Environmental Monitoring and Assessment* November 2013, Volume 185, Issue 11, pp 9295-9298.
- [129] Özmert, E.N.: “Erken Çocukluk Gelişiminin Desteklenmesi-II: Çevre”, *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 48, (2005) 337-354.
- [130] Özyiğit, I.I., Vardar, F., Yaşar, U. and Akinci, S. (2013). Long-Term Effects of Aluminum and Cadmium on Growth, Leaf Anatomy, and Photosynthetic Pigments of Cotton. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44(21): 3076-3091.
- [131] Pal, S., Dhanpal, P., Goswami, J.L., & Tewari, P.K. (2012) Feasibility study of novel sorbent for chromium sequestration and enhanced immobilization. *Desalination and Water Treatment*, 38 (1-3), 248-254.
- [132] Pastacı N, Bahtiyar N, Karalük S ve diğerleri. Köpeklerde Alüminyum Toksikasyonunun Alzheimer Hastalığı Üzerine Etkisi. *TUBAV Bilim Dergisi*. 2010; 3(3): 271-5.
- [133] Petrova, S. (2011). Biomonitoring study of air pollution with *Betula pendula* Roth. Plovdiv, Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 3(1): 1-10.
- [134] Pilegaard, K. ve Johnsen, I. (1984). Heavy Metal Uptake from Air and Soil by Transplanted Plants of *Achillea millefolium* and *Hordeum vulgare*. *Ecological Bulletins*, No. 36, *Ecotoxicology: Proceedings of the Third Oikos Conference Held 30 November: 2 December, 1982, in Copenhagen, Denmark*, 97-102.
- [135] Polat, G. (2011). İstanbul Atmosferindeki Farklı Boyutlardaki Partikül Maddenin Metal İçeriğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- [136] Prasad, A.S.: “Zinc: An Overview”, *Nutrition*, Vol. 11, (1995) 93-96.
- [137] Ranjan R, Naresh R, Patra RC, Swarup D. Erythrocyte lipid peroxides and blood zinc and copper concentrations in acute undifferentiated diarrhoea in calves. *Vet Res Commun*. 2006;30:249-54.

- [138] Rao, M.M., Kumar Meena, A., Galib, (2011) Detection of toxic heavy metals and pesticide residue in herbal plants which are commonly used in the herbal formulations *Environ Monit Assess* 181:267–271 DOI 10.1007/s10661-010-1828-2.
- [139] Rushforth, K. (1999). *Trees of Britain and Europe*. Collins ISBN 0-00-220013-9.
- [140] Sangani, R.G., Soukup, J. M., Ghio, A. J. (2010) Metals in air pollution particles decrease whole-blood coagulation time, July 2010, Vol. 22, No. 8, Pages 621-626.
- [141] Saraçoğlu E. Alüminyum Alaşımalarının Sürtünme Karşılaştırma Kaynağının İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi- Makina Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi, İzmir, Haziran 2008.
- [142] Severoğlu, Z., Özyiğit, İ. İ., Doğan, İ., Kurmanbekova, G., Demir, G., Yalçın, İ. E. ve Kari, G.K. (2015). The usability of *Juniperus virginiana* L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Bishkek City, Kyrgyzstan. *Biotechnol Biotec Eq.*, 29(6): 1104-1112.
- [143] Sawidis, T. , Metentzoglou, E. , Mitrakas, M., Vasara, E. (2011) A Study of Chromium, Cooper, and Lead Distribution from Lignite Fuels Using Cultivated and Non-cultivated Plants as Biological Monitors, *Water, Air, & Soil Pollution* September 2011, Volume 220, Issue 1-4, pp 339-352.
- [144] Suzuki, K., Yabuki, T., Ono, Y. (2009) Roadside leaves as bioindicators of heavy metal pollution in traffic areas of Okayama, Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149, 133-141.
- [145] Shorrocks VM. *Copper and Human Health*. USA, Copper Development Association Press, 1984.
- [146] Tayfur M, Ünlüoğlu İ, Bener Ö. Alüminyum ve Sağlık. *Gıda Dergisi*. 2002; 27(4): 305-9.
- [147] Temmerman, L. D.; Nigel, J.; Bell, B.; Garrec, J. P.; Klumpp, A.; Krause, G.H.M; Tonneijck, A.E.G.: “Biomonitoring of Air Pollutants with Plants”, *International Society of Environment Botany* Vol. 11 No. 2, (April 2005).
- [148] Tingey, D.T. (1989). *Bioindicators in Air Pollution Research-Applications and Constraints*. *Biologic Markers of Air-Pollution Stress and Damage in Forests*, National Academies Press, Washington, DC, 73-80.
- [149] T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Afyonkarahisar Tıbbi ve İtri Bitkiler Merkezi, 2018.

<https://atib.ogm.gov.tr/Sayfalar/T%C4%B1bbi%20ve%20Itri%20Bitkilerimizi%20Tan%C4%B1yal%C4%B1m/Nane.aspx>

- [150] Tomasevic, M., Rajsic, S., Dordevic, D., Tasic, M., Krstic, J. ve Novakovic, V. (2004). Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas. *Environ. Chem. Lett.*, 2(3): 152-154.
- [151] Topcu, S.M. (2009) Karabük Üniversitesi Fen -Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvar kitabı.
- [152] Tucker, M. R. (1999). Essential plant nutrients: their presence in North Carolina soils and role in plant nutrition. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services, Miscellaneous Publication, 2- 9.
- [153] Türkan, I. (1986). İzmir il merkezi ve çevre yolları kenarında yetişen bitkilerde kurşun, çinko ve kadmiyum kirlenmesinin araştırılması. *Doğa, Turk Biyoloji Dergisi*, 10(1): 116-120.
- [154] University of California website, Agriculture and Natural Resources <http://ucce.ucdavis.edu/datastore/detailreport.cfm?usernumber=8&surveynumber=182>
- [155] Unver, I., Anac, D. (2013) Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme, Second Edition, Anadolu University Press, Eskişehir, Türkiye. 201-211.
- [156] USFS—United States Forest Service: *Salix fragilis* — "Weed of the Week" . accessed 1.13.2013
- [157] Uyanık F. Bazı iz elementlerin organizmadaki başlıca fonksiyonları ve bağışıklık üzerine etkileri. *Saglik Bilim Derg.* 2000;9:49-58.
- [158] Varol, M., & Sunbul, M. R. (2017). Comparison of heavy metal levels of farmed and escaped farmed rainbow trout and health risk assessment associated with their consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(29), 23114-23124.
- [159] Wiseman, C.L.S., Zereini, F., Püttmann, W. (2013) Traffic-related trace element fate and uptake by plants cultivated in roadside soils in Toronto, Canada, *Science of The Total Environment* Volume 442, 1 January 2013, Pages 86–95.
- [160] Whyte, R.O., Moir, T.R. and Cooper, J.P. (1975). *Grasses in Agriculture*. FAO Agricultural Studies No: 42.
- [161] Williams, J.R., Pillay, A.E., El-Mardi, M.O., Al-Lawati, S.M.H. ve Al-Hamdi, A. (2005). Levels of selected metals in the fard cultivar (Date Palm). *J. Arid. Environ.*, 60(2): 211-225.

- [162] Wolterbeek, B. (2002). Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environ. Pollut.*, 120: 11-21.
- [163] Wong, K. W., Yap, C. K., Nulit, R., Hamzah, M. S., Chen, S. K., Cheng, W. H., Al-Shami, S. A. (2017). Effects of anthropogenic activities on the heavy metal levels in the clams and sediments in a tropical river. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 116-134.
- [164] Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L., Ruan, C. (2010) A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1), 1-8.
- [165] Xia, X., Zhao, Y., Zhang P. (2010) Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China, *Journal of Hazardous Materials* Volume 181, Issues 1–3, 15 September 2010, Pages 640–646.
- [166] Yang, X., Feng, Y., He, Z. ve Stoffella, P.J. (2005). Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4), 339-353.
- [167] Yasar, U. ve Ozyigit, I.I. (2009). Use of human hair as a potential biomonitor for zinc in the Pendik District Istanbul Turkey. *Rom. Biotech. Lett.*, 14(3): 4474-4481.
- [168] Yasar, U., Ozyigit, I. I., Serin, M. (2010) Judas tree (*Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum*) as a possible biomonitor for Cr, Fe and Ni in Istanbul (Turkey). *Rom Biotech Lett.*, 15 (1), 4979-4989.
- [169] Yaşar, U., Ozyigit, I.I., Yalcin, I.E., Dogan, I. ve Demir, G. (2012). Determination of some heavy metals and mineral nutrients of bay tree (*Laurus nobilis* L.) in Bartın City, Turkey. *Pak. J. Bot.*, 44: 81-89.
- [170] Yenigün, A., Ozkinay, F., Cogulu, O., Coker, C., Cetiner, N., Ozden, G., Aksu, O., Ozkinay, C., “Hair Zinc Level in Down Syndrome” *Down Syndrome Research and Practice* 9(2), (2004) 53-57.
- [171] Yeşiltepe, N: “İşyeri Hekimliği Ders Notları” Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara, İstanbul (1996) 79-87.
- [172] Yeşilyurt, C. ve Akcan, N. (2000) “Air Quality Monitoring Methods and Sampling Criteria”, Refik Saydam National Public Health Agency, Ankara.

- [173] Yeşilyurt, C. ve Akcan, N. (2001). Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, Sağlık Bak. Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı (RSHM), Çevre Sağlığı Araştırma Merkezi, 4-5.
- [174] Yıldız, A. ve Genç, Ö. (1993). Enstrümental Analiz, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, A-64.
- [175] Yokel AR, Hicks LC, Florence LR. Aluminum Bioavailability From Basic Sodium Aluminum Phosphate, an Approved Food Additive Emulsifying Agent, Incorporated in Cheese. Food Chem Toxicol. 2008; 46(6): 2261-6.
- [176] Yurdakök K, İnce T. Aşı Adjuvanları. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi. 2008; 51: 225-39.
- [177] Zhou, M.F., Robinson, P.T., Su, B.X., Gao, J.F., Li, J.W., Yang, J.S., & Malpas, J. (2014) Compositions of chromite, associated minerals, and parental magmas of podiform chromite deposits: The role of slab contamination of asthenospheric melts in suprasubduction zone environments. Gondwana Research.

