

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ANKARA ELMADAĞ SERPANTİN SERİSİNDE SERPANTİNİKOL ENDEMİZMİN
EKOLOJİK UYUM MEKANİZMALARININ ARAŞTIRILMASI**

Beste Gizem ÖZBEY

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2019**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Beste Gizem ÖZBEY tarafından hazırlanan “Ankara Elmadağ Serpantin Serisinde Serpantinikol Endemizmin Ekolojik Uyum Mekanizmalarının Araştırılması” adlı tez çalışması 16/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Latif KURT
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Osman KETENOĞLU
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Süleyman TABAN
Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Zeki AYTAÇ
Gazi Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Galip AKAYDIN
Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Latif KURT
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

16.01 2019



Beste Gizem ÖZBEY

ÖZET

Doktora Tezi

ANKARA ELMADAĞ SERPANTİN SERİSİNDE SERPANTİNİKOL ENDEMİZMİN EKOLOJİK UYUM MEKANİZMALARININ ARAŞTIRILMASI

Beste Gizem ÖZBEY

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Latif KURT

Bu tez çalışmasında, serpantin kimyasından kaynaklanan fitokimyasal uyum stratejilerinin “serpantinikol endemizm”in oluşumundaki rolünün ortaya konulması amaçlanmıştır. Ankara Elmadağ serpantin serisinde, seçilen serpantinofit ve serpantinovaglar fitokimyasal olarak analiz edilerek, edafik izolasyona bağlı türleşme süreçleri sonucu oluşan “Serpantinikol Endemizm”in oluşumunda fitokimyasal uyum mekanizmalarının rolü ortaya konulmuştur.

Fitokimyasal uyum stratejilerini ortaya koymak üzere bir serpantinofit ve beş serpantinovag takson çifti seçilmiştir. Serpantinofit takson *Paronychia angorensis* Chaudhri; serpantinovag taksonlar ise *Scorzonera tomentosa* L., *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (DC.) Wagenitz, *Alyssum pateri* Nyar. subsp. *pateri* Nyar., *Globularia orientalis* L., *Rhamnus rhodopea* Velenovsky'dir.

2017 yılı vejetasyon döneminde Ankara Elmadağ serpantin serisinden serpantinofit ve serpantinovag türler ile toprak örnekleri alınmıştır. Serpantinovagların serpantin dışı örnekleri ve toprak örnekleri Ayaş çevresindeki marnlı ve kalkerli habitatlardan alınmıştır. Toprak örneklerinde tekstür, CaCO₃, organik madde, EC, pH, N, Ca, Na, C, Mg, K, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Co, Cr analizleri yapılmıştır. Bitki taksonlarında ise N, Ca, P, Mg, Na, K, Fe, Ni, Cu, Zn, Mn, Cr, Co analizleri yapılmıştır. Serpantin serideki toprakların fiziksel ve kimyasal yapısından kaynaklanan serpantin sendromunun bitkilerin yaşamı açısından ekstrem habitatlar oluşturduğu yapılan analizlerle desteklenmiştir.

Serpantinofit ve serpantinovag tür çiftlerindeki fitokimyasal kompozisyonun karşılaştırılması sonucu; serpantin sendromuna karşı geliştirdikleri uyumsal açılımlar nedeniyle serpantinofitlerin serpantin dışına çıkamadıkları ve “**Sığınma Modeli (=Refuge Model)**” geliştirdikleri, serpantin dışında farklı toprak grupları üzerinde de gelişiyor olabilmeleri nedeniyle serpantinovagların ise geliştirdikleri **strese direnç sayesinde “Uzmanlaşma Modeli (=Specialist Model)**” yoluyla daha geniş alanlarda yayılabildikleri tespit edilmiştir.

Evrimsel saatin ileri doğru çalıştırıldığı varsayılırsa milyonlarca yıl sonra serpantin üzerinde edafik uzmanlık kazanan bu serpantinovagların türleşmeye maruz kalarak ayrılacağı öngörülmektedir. Serpantinikol endemizm ve serpantine uyum stratejilerinin aydınlatılmasında ekolojik, fizyolojik, genetik ve evrimsel interdisipliner çalışmalara ihtiyaç duyulduğu açıktır.

Ocak 2019, 268 sayfa

Anahtar Kelimeler: Serpantin, Serpantinikol endemizm, Ankara, Elmadağ, ekolojik uyum mekanizmaları, Türkiye.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

INVESTIGATION OF ECOLOGICAL ADAPTATION MECHANISMS OF SERPENTINICOLOUS ENDEMISM ON ANKARA ELMADAĞ SERPENTINE SERIES

Beste Gizem ÖZBEY

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Latif KURT

In this study, it is aimed to reveal the role of phytochemical adaptation strategies due to serpentine chemistry in the formation of “serpentinicolous endemism”. In the serpentine series of Ankara Elmadağ, by analysing the selected serpentophytes and serpentinovags phytochemically, the role of phytochemical adaptation mechanisms in the formation of “Serpentinicolous Endemism” as a result of the speciation processes related to edaphic isolation was revealed.

For the comparison of the phytochemical composition, one serpentiphyte and five serpentinovag taxa pairs were selected. Serpentinophyte taxon is *Paronychia angorensis* Chaudhri; serpentinovag taxa are, *Scorzonera tomentosa* L., *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (DC.) Wagenitz, *Alyssum pateri* Nyar. subsp. *pateri* Nyar., *Globularia orientalis* L., *Rhamnus rhodopea* Velenovsky. Serpentinophyte and serpentinovag species and soil samples were taken from Ankara Elmadağ serpentine series in 2017 vegetation period. Non-serpentine plant soil samples of serpentinovags were taken from marly and calcareous habitats around Ayaş. Texture, CaCO₃, organic matter, EC, pH, N, Ca, Na, C, Mg, K, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Co, Cr analyzes were analyzed in soil samples. N, Ca, P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Ni, Cu, Zn, Mn, Cr, Co analyzes were analyzed in plant taxa.

The idea of “the serpentine syndrome caused by the physical and chemical structure of the soils in the serpentine series provides extreme habitats for plants living” has been supported by phytochemical analysis. As a result of the comparison of phytochemical composition in serpentiphyte and serpentinovag taxa pairs; it has been identified that serpentiphites are not able to live on non-serpentine areas due to their adaptation to serpentine syndrome and they develop “**refuge model**”; on the other hand, serpentinovags are able to spread in larger areas due to ability of growing on not only serpentine but also other different soil groups and they develop “**specialist model**” **due to their resistance to stress**.

If it is assumed that the evolutionary clock is running forward, millions of years later, it is predicted that these serpentinovags, which are gaining the edaphic expertise on the serpentine, it is foreseen to be separated by being subjected to speciation. It is clear that ecological, physiological, genetical and evolutionary interdisciplinary studies are needed to elucidate the strategies of serpentinicolous endemism and adaptation strategies to serpentine.

January 2019, 268 pages

Key Words: Serpentine, Serpentinicolous endemism, Ankara, Elmadağ, ecological adaptation mechanisms, Turkey.

TEŞEKKÜR

Öncelikli olarak, her zaman yoluma ışık tutan, desteğini, bilgisini, tecrübesini, emeğini her daim üzerimde hissettiğim, bana hocadan öte bir baba gibi olan ve yönlendiren, tez konumun seçiminden bu yana her aşamasında bana yol gösteren çok sevgili ve saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Latif KURT'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) herşey için en derin duygularıyla ve bütün kalbimle teşekkür ederim.

Yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışmalarımnda bana yol gösteren, bilgilerinden her daim faydalandığım aynı zamanda tez izleme komitemde yer alan saygı değer hocalarım Prof. Dr. Osman KETENOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) ve Prof. Dr. Süleyman TABAN'a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü) içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecimde bilgilerini esirgemeyen, maddi ve manevi destek olan değerli hocalarım, Prof. Dr. Fatmagül Geven'e (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Prof. Dr. G.Nilhan Tuğ'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Prof. Dr. Ahmet Emre Yaprak'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Prof. Dr. Mecit Vural'a (Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Herbaryum ANK Uzmanı Tuğrul Körüklü'ye (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Dr. Ümit Bingöl'e (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Prof. Dr. Sibel Atasagun'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), Dr. Öğretim Üyesi Cevher Özeren'e (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) ve meslektaşlarım Araş. Gör. Dr. Ayşenur Bölükbaşı ve Dr.Fatoş Şekerciler'e (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü),

Arazi çalışmalarımnda beni yalnız bırakmayan ve tezimin diğer kısımlarında ne zaman ihtiyaç duysam yardımcı olan, maddi ve manevi her zaman bir abla gibi destekleyen, Araş. Gör. Dr. Ebru Özdeniz'e (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü),

Laboratuvar alışmaları sırasında bana ilgiyle yol gösteren ve içtenlikle yardımcı olan, her türlü desteği sunan Ziraat Mühendisi Nilgün Taban, Araş. Gör. Hanife Mert Akça ve Araş. Gör. Burak Taşkın'a, Uzm. Dr. Özge şahin'e, Araş. Gör. Emre Can Kaya'ya, Araş. Gör. Onur Akça'ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü),

Arazi çalışmalarımda ve tezimin diğer aşamalarında bana hep yardımcı olan ve varlıklarıyla her daim destekleyen sevgili arkadaşlarım Danial Nassouhi, Nida Bykyanbolu, Eda Akdağ, Ali Fatih Yıldırac, Barış Eren Yüce, Cemil şmez, Erkan Soydan, İsmail stnel'e,

Her zaman yanımda olan, manevi desteklerinden g aldığım çok değerli arkadaşlarım Araş. Gör. Duygu Berdi ve Dilara Yarar'a,

Yaşam boyu maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen arkamda duran, tezimin her aşamasında bana destek olan ve yanımda olan g kaynaklarım canım annem Nil BERKMAN'a, canım kardeşim Beril Güliz ÖZBEY'e ve ailemin her bir üyesine sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca tez kapsamındaki araştırmalarımı ve analizlerimi gerçekleştirebilmem için 18L0430009 numaralı proje ile tezime maddi destek sağlayan Ankara Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkürü ederim.

Beste Gizem ÖZBEY
Ankara, Ocak 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALA DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Edafik Endemizm.....	2
1.2 Serpantin.....	5
1.2.1 Serpantin'in Yayılışı	7
1.3 Stres	10
1.4 Serpantin Sendromu	11
1.5 Serpantin Sistemlerin Ekolojisi ve Serpantinofitlerin Adaptasyonu	14
1.6 Dünya'da ve Türkiye'de Serpantin	19
1.7 Evrimsel Serpantin Ekolojisi	21
1.7.1 Elementel allelopati ve elementel kolaylaştırma	22
1.8 Serpantinli Topraklardaki Diğer Canlıların Yaşamı	26
2. KAYNAK ÖZETLERİ ve KURAMSAL TEMELLER	31
2.1 Toprakların ve Bitkilerin Kimyasal Kompozisyonu.....	35
3. MATERYAL VE METOD.....	45
3.1 Araştırma materyalleri.....	46
3.2 Örneklerin analize hazır hale getirilmesi.....	59
3.2.1 Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi.....	59
3.3 Toprak ve Bitki Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinde kullanılan metodlar.....	62
3.3.1 Tekstür (Bünye) Analizi	62
3.3.2 Toprak Reaksiyonu (pH) Analizi.....	64
3.3.3 Elektriksel iletkenlik (EC) Analizi.....	66
3.3.4 Organik Madde ve C Analizi (%).....	66
3.3.5 Kireç Analizi (% CaCO ₃)	68

3.3.6 Toprak ve Bitki Örneklerinde Azot (N) Analizi.....	69
3.3.7 Toprak Örneklerinde Fosfor (P) Analizi	72
3.3.8 Toprak Örneklerinde Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na) ve Magnezyum (Mg) Analizleri.....	73
3.3.9 Toprak Örneklerinde Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Mangan (Mn) Analizleri	74
3.3.10 Bitki örneklerinde Fosfor (P) Analizi.....	75
3.3.11 Bitki örneklerinde Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na) ve Magnezyum (Mg) Analizleri.....	75
3.3.12 Bitki örneklerinde Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Mangan (Mn) Belirlenmesi	76
3.4 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Elmer Model DV 2100) Çalışma Parametreleri	77
3.4.1 Bitki Analizlerinde Kullanılan Referans Bitki Materyali ve Analiz Değerleri	78
3.5 İstatistiksel Analiz	79
4. ARAŞTIRMA BÖLGESİNİN ÖZELLİKLERİ	80
4.1 Araştırma Bölgesinin Tanımı.....	80
4.1.1 Elmadağ Araştırma Bölgesi	81
4.1.2 Ayaş Araştırma Bölgesi	83
4.2 Araştırma Bölgesinin Jeolojisi	85
4.2.1 Elmadağ Araştırma Bölgesinin Jeolojisi.....	85
4.2.2 Ayaş Araştırma Bölgesinin Jeolojisi.....	94
4.3 Araştırma Bölgesinin Toprak Özellikleri	99
4.4 Araştırma Bölgesinin İklimsel Özellikleri	105
4.4.1 Yağışlar	106
4.4.2 Nispi nem	107
4.4.3 Sıcaklıklar	109
4.4.4 Rüzgar	114
4.4.5 Biyoiklimsel Sentez.....	118
4.5 Araştırma Bölgesinin Flora ve Vejetasyonu	122
4.6 Araştırma Bölgesinin Fitocoğrafik Özellikleri	130
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	131
5.1 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizi sonucu elde edilen bulgular	131

5.1.1	Tekstür (Bünye) Analizi Bulguları	131
5.1.2	Toprak Reaksiyonu (pH) Analizi Bulguları	134
5.1.3	Elektriksel İletkenlik (EC) Analizi Bulguları.....	135
5.1.4	Organik Madde ve C Analizi Bulguları	137
5.1.5	Kireç Analizi (% CaCO ₃) Bulguları.....	141
5.1.6	Toprakta Azot (N) Analizi (%) Bulguları.....	142
5.1.7	Toprakta Fosfor (P) Analizi Bulguları.....	144
5.2	Bitki örneklerinin fitokimyasal analizleri sonucu elde edilen bulgular	159
5.2.1	Bitkide Azot (N) Analizi (%) Bulguları.....	159
5.2.2	Bitkide Fosfor (P) Analizi Bulguları.....	161
5.3	Bitki ve toprak örneklerinin elementel kompozisyonlarının karşılaştırılması.....	180
5.4	Bitki ve Toprak Örneklerinin Ca:Mg ve Mg:Ni Oranları	202
5.5	Serpantinofit ve serpantin üstündeki serpantinovaglar ile serpantin dışındaki serpantinovagların elementel birikim katsayıları.....	206
5.6	Serpantinovagların Ekolojik Toleransları.....	212
5.7	Serpantin dışında gelişen serpantinovaglardan aynı istasyondan alınan bitkiler arasındaki elementel birikim farkı.....	214
5.8	İstatistiksel Bulgular	216
6.	TARTIŞMA ve SONUÇ	221

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

<	küçük
>	büyük
%	yüzde
°C	santigrat derece
μ	mikro
dS/m	desisiemen/metre
° ‘ ‘’	derece dakika saniye

kısaltmalar

C	karbon
Ca	kalsiyum
Co	kobalt
CO ₂	karbon dioksit
Cr	krom
Cu	bakır
EC	elektriksel iletkenlik
Fe	demir
HCl	hidroklorik asit
HNO ₃	nitrik asit
K	potasyum
Mg	magnezyum
Mn	mangan
M	molar
N	normalite
m	metre
N	azot
Na	sodyum
Ni	nikel
NO ₃	nitrat
P	fosfor

WHO	World Health Organization
Zn	çinko
cm	santimetre
g	gram
k	kilo
L	litre
M	molar
m	metre
mL	Mililitre
ppm	milyonda bir kısım
S	siemens
subsp	alt tür
mg kg ⁻¹	miligram/kilogram
E	East (doğu)
W	west (batı)
N	north (kuzey)
S	south (güney)
ha	hektar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Serpantinlerin genel görünüşü	6
Şekil 1.2 Serpantinin dünyada yayılışı.....	8
Şekil 1.3 Serpantinin Türkiye’de yayılışı.....	9
Şekil 1.5 Stres-cevap akış şeması.....	11
Şekil 3.1 Serpantinofit tür <i>Paronychia angorensis</i> Chaudhri	47
Şekil 3.2 Serpantinovag tür <i>Centaurea drabifolia</i> Sm. subsp. <i>cappadocica</i>	48
Şekil 3.3 Serpantinovag tür <i>Scorzonera tomentosa</i> L.	49
Şekil 3.5 Serpantinovag tür <i>Globularia orientalis</i> L.	51
Şekil 3.6 Serpantinovag tür <i>Rhamnus rhodopea</i> Velenovsky.....	52
Şekil 3.7 Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi	59
Şekil 3.8 Bitki örneklerinin analize hazır hale getirilmesi	60
Şekil 3.9 Yakma işleminin yapıldığı mikrodalga örnek parçalayıcı	61
Şekil 3.10 Bitki çözeltilerinin hazırlanması	61
Şekil 3.11 Sodyum heksameta fosfat çözeltisinde bekletilen örnekler.....	62
Şekil 3.12 40. saniye ve 2. saat okumaları yapılmak üzere hazırlanan örnekler.....	63
Şekil 3.13 Örneklerin pH ölçümüne hazırlanması	65
Şekil 3.14 Örneklerin pH’ının ölçülmesi	65
Şekil 3.15 Örneklerin elektriksel iletkenliğinin ölçümü	66
Şekil 3.16 Örneklerin organik madde analizi için hazırlanışı	67
Şekil 3.17 Örneklerin kireç analizine hazırlanması	68
Şekil 3.18 Scheibler kalsimetresiyle kireç analizinin yapılışı.....	69
Şekil 3.19 Azot analizine hazırlık aşamaları.....	70
Şekil 3.20 Örneklerin Kjeldahl yöntemine göre N miktarı tayini	71
Şekil 3.21 Fosfor analizi için örneklerin hazırlanması.....	72
Şekil 3.22 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) cihazı	73
Şekil 3.23 Örneklerin ICP okumasına hazırlanışı	74
Şekil 3.24 P analizi için ekstrakte edilmiş bitki örnekleri.....	75
Şekil 3.25 ICP’de makroelement okuması için hazırlanan örnekler.....	76
Şekil 3.26 ICP’de okuma öncesi elementlerin kalibrasyonu	76
Şekil 3.27 ICP-OES cihazı.....	77
Şekil 4.1 Çalışma alanları	80

Şekil 4.2 Elmadağ araştırma bölgesi.....	81
Şekil 4.4 Ayaş araştırma alanı.....	83
Şekil 4.6 Elmadağ araştırma bölgesindeki serpantin kayaçlardan bir görüntü	85
Şekil 4.7 Elmadağ araştırma bölgesinin stratigrafisi	86
Şekil 4.8 Elmadağ jeoloji haritası	93
Şekil 4.9 Ayaş araştırma bölgesinin stratigrafisi.....	94
Şekil 4.10 Ayaş jeoloji haritası	98
Şekil 4.11 Elmadağ büyük toprak grupları haritası.....	100
Şekil 4.12 Ayaş büyük toprak grupları haritası.....	101
Şekil 4.13 Ayaş meteoroloji verilerine ait rüzgar gülü	116
Şekil 4.14 Elmadağ meteoroloji verilerine ait rüzgar gülü	117
Şekil 4.15 Ayaş istasyonuna ait Ombro-Termik diyagram.....	121
Şekil 4.16 Elmadağ istasyonuna ait Ombro-Termik diyagram.....	121
Şekil 4.17 Serpantin yamaçlar.....	126
Şekil 4.18 Serpantin üzerinde <i>Alyssum</i> sp.....	126
Şekil 4.19 Serpantin üzerinde <i>Convolvulus compactus</i>	127
Şekil 4.20 Serpantin habitatlardaki bitki örtüşü	128
Şekil 4.21 Serpantin habitatlardaki bitki yayılışının genel görünümü	129
Şekil 5.1 Tekstür (Bünye) Üçgeni.....	131
Şekil 5.2 Toprak örneklerinin tekstür sınıfları dağılımı.....	132
Şekil 5.3 Toprak örneklerinin tekstürü.....	132
Şekil 5.4 Toprak örneklerinin pH'ları	135
Şekil 5.5 Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlikleri	137
Şekil 5.6 Toprak örneklerinin organik madde içerikleri	139
Şekil 5.7 Toprak örneklerinin karbon içerikleri (%)	140
Şekil 5.5 Toprak örneklerinin kireç içeriği	142
Şekil 5.8 Toprak örneklerinin N analizi içeriği (%).....	144
Şekil 5.9 Toprak örneklerinin fosfor içerikleri (mg kg-1)	146
Şekil 5.10 Toprak örneklerinin potasyum içeriği (mg kg-1).....	148
Şekil 5.11 Toprak örneklerinin kalsiyum içeriği (mg kg-1)	149
Şekil 5.12 Toprak örneklerinin sodyum içeriği (mg kg-1)	150
Şekil 5.13 Toprak örneklerinin magnezyum içeriği (mg kg-1)	151
Şekil 5.14 Toprak örneklerinin demir içeriği (mg kg ⁻¹).....	153
Şekil 5.15 Toprak örneklerinin nikel içeriği (mg kg ⁻¹)	154

Şekil 5.16 Toprak örneklerinin bakır içeriği (mg kg-1).....	155
Şekil 5.17 Toprak örneklerinin çinko içeriği (mg kg-1)	156
Şekil 5.18 Toprak örneklerinin krom içeriği (mg kg-1).....	157
Şekil 5.19 Toprak örneklerinin kobalt içeriği (mg kg-1)	158
Şekil 5.20 Toprak örneklerinin mangan içeriği (mg kg-1)	159
Şekil 5.21 Bitki örneklerinin azot içeriği (%)	161
Şekil 5.22 Bitki örneklerinde fosfor içeriği (mg kg-1)	163
Şekil 5.23 Bitki örneklerinde potasyum içeriği (mg kg-1)	165
Şekil 5.23 Bitki örneklerinde sodyum içeriği (mg kg-1)	166
Şekil 5.24 Bitki örneklerinde kalsiyum içeriği (mg kg-1)	167
Şekil 5.25 Bitki örneklerinde magnezyum içeriği (mg kg-1)	169
Şekil 5.26 Bitki örneklerinin demir içeriği (mg kg-1)	172
Şekil 5.27 Bitki örneklerinin çinko içeriği (mg kg-1).....	173
Şekil 5.28 Bitki örneklerinin bakır içeriği (mg kg-1)	174
Şekil 5.29 Bitki örneklerinin mangan içeriği (mg kg-1).....	176
Şekil 5.30 Bitki örneklerinin krom içeriği (mg kg-1)	177
Şekil 5.31 Bitki örneklerinin kobalt içeriği (mg kg-1).....	178
Şekil 5.32 Bitki örneklerinin nikel içeriği (mg kg-1).....	179
Şekil 5.33 Bitki ve toprak örneklerinde azot içeriğinin karşılaştırılması.....	181
Şekil 5.34 Bitki ve toprak örneklerinde fosfor içeriğinin karşılaştırılması.....	183
Şekil 5.35 Bitki ve toprak örneklerinde potasyum içeriğinin karşılaştırılması.....	184
Şekil 5.36 Bitki ve toprak örneklerinde kalsiyum içeriğinin karşılaştırılması.....	186
Şekil 5.37 Bitki ve toprak örneklerinde sodyum içeriğinin karşılaştırılması.....	188
Şekil 5.38 Bitki ve toprak örneklerinde magnezyum içeriğinin karşılaştırılması.....	189
Şekil 5.39 Bitki ve toprak örneklerinde demir içeriğinin karşılaştırılması	191
Şekil 5.40 Bitki ve toprak örneklerinde çinko içeriğinin karşılaştırılması.....	193
Şekil 5.41 Bitki ve toprak örneklerinde bakır içeriğinin karşılaştırılması	194
Şekil 5.42 Bitki ve toprak örneklerinde mangan içeriğinin karşılaştırılması.....	196
Şekil 5.43 Bitki ve toprak örneklerinde krom içeriğinin karşılaştırılması	198
Şekil 5.44 Bitki ve toprak örneklerinde kobalt içeriğinin karşılaştırılması	199
Şekil 5.45 Bitki ve toprak örneklerinde nikel içeriğinin karşılaştırılması	201
Şekil 5.46 Toprak örneklerinde Ca:Mg oranı	203
Şekil 5.47 Bitki örneklerinde Ca:Mg oranı	204
Şekil 5.48 Bitki örneklerinde Mg:Ni oranı	205

Şekil 5.49 Toprak örneklerinde Mg:Ni oranı	205
Şekil 5.50 <i>P. angorensis</i> 'in elementel birikim katsayıları	206
Şekil 5.51 <i>S. tomentosa</i> 'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları	207
Şekil 5.52 <i>C. drabifolia subsp. cappadocica</i> 'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları	208
Şekil 5.53 <i>A. pateri subsp. pateri</i> 'nin serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları	209
Şekil 5.54 <i>G. orientalis</i> 'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları	210
Şekil 5.55 <i>Rhamnus rhodopea</i> 'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları	211
Şekil 5.56 <i>S. tomentosa</i> 'nın ekolojik toleransı.....	212
Şekil 5.57 <i>C. drabifolia subsp. cappadocica</i> 'nın ekolojik toleransı.....	212
Şekil 5.58 <i>A. pateri subsp. pateri</i> 'nin ekolojik toleransı.....	213
Şekil 5.59 <i>Globularia orientalis</i> 'in ekolojik toleransı	213
Şekil 5.60 <i>Rhamnus rhodopea</i> 'nın ekolojik toleransı.....	214
Şekil 5.61 Aynı istasyondan alınan <i>S. tomentosa</i> (St) ve <i>G.orientalis</i> 'nın (Gt) element birikim farkı.....	215
Şekil 5.62 Aynı istasyondan alınan <i>C.drabifolia subsp. cappadocica</i> (Cd), <i>A. pateri subsp. pateri</i> (Ap) ve <i>R. rhodopea</i> (R)'nin element birikim farkı.....	215
Şekil 6.1 Azot elementinin bitki-toprak korelasyonu	224
Şekil 6.2 Fosfor elementinin bitki-toprak korelasyonu.....	225
Şekil 6.3 Potasyum elementinin bitki-toprak korelasyonu	226
Şekil 6.4 Kalsiyum elementinin bitki-toprak korelasyon.....	228
Şekil 6.5 Magnezyum elementinin bitki-toprak korelasyonu	229

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışma materyalini oluşturan taksonlar ve istasyon bilgileri	53
Çizelge 3.2 Çalışma materyalini oluşturan taksonların özellikleri	54
Çizelge 3.3 IUCN Tehdit Kategorileri	55
Çizelge 3.4 Taksonların yayılışı ve stratejik formları	56
Çizelge 3.5 Taksonların ekolojik künyeleri	57
Çizelge 3.6 Bitki örnekleri ve kodları	58
Çizelge 3.7 ICP-OES cihazı ayarları ve elementleri belirleme dalga boyları.....	77
Çizelge 3.8 Sertifikalı domates bitkisi yaprak örneğinde olması gereken ve analiz sonucu belirlenen değerler	78
Çizelge 4.1 Elmadağ Büyük Toprak Grupları Dağılımı	100
Çizelge 4.2 Ayaş büyük toprak grupları dağılımı	101
Çizelge 4.3 Uzun yıllar aylık toplam yağış ortalaması (mm)	107
Çizelge 4.4 Yağışın mevsimlere göre dağılışı ve yağış rejimleri.....	107
Çizelge 4.5 Ortalama nispi nem (%)	108
Çizelge 4.6 Uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C).....	109
Çizelge 4.7 Uzun yıllar aylık ortalama minimum sıcaklık değerleri (m °C)	110
Çizelge 4.8 Uzun yıllar aylık ortalama maksimum sıcaklık değerleri (M °C)	110
Çizelge 4.9 Ayaş istasyonuna ait toprak sıcaklıkları verileri.....	112
Çizelge 4.10 Elmadağ istasyonuna ait toprak sıcaklıkları verileri.....	113
Çizelge 4.11 Ortalama rüzgar hızı (m/s)	115
Çizelge 4.12 Ayaş iline ait rüzgar verileri	115
Çizelge 4.13 Elmadağ iline ait rüzgar verileri	115
Çizelge 4.14 Araştırma bölgelerine ait Q ve m değerlerine göre biyoiklim katları ve tipleri	119
Çizelge 4.15 Biyoiklimsel sentez.....	120
Çizelge 5.1 Tekstür sınıflandırması	131
Çizelge 5.2 Toprak örneklerinin tekstür analizi bulguları	133
Çizelge 5.3 pH sınıflandırması.....	134
Çizelge 5.4 Toprak örneklerinin pH analizi bulguları	134
Çizelge 5.5 Tuzluluk sınıflandırması	135
Çizelge 5.6 Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik analizi bulguları.....	136
Çizelge 5.7 Organik madde sınıflandırması.....	137

Çizelge 5.8 Toprak örneklerinin organik madde analiz bulguları.....	138
Çizelge 5.9 Toprak örneklerinin karbon analiz bulguları	140
Çizelge 5.101 Kireçlilik sınıflandırması	141
Çizelge 5.11 Toprak örneklerinin kireç analizi bulguları	141
Çizelge 5.12 Toprakların azot içeriklerine göre sınır değerleri	142
Çizelge 5.13 Toprak örneklerinin azot analizi bulguları.....	143
Çizelge 5.14 Toprakların Fosfor içeriklerinin Sınır Değerleri.....	144
Çizelge 5.15 Toprak örneklerinin fosfor analizi bulguları.....	145
Çizelge 5.16 Toprak örneklerinde K, Ca, Mg, Na analizleri bulguları	147
Çizelge 5.17 Toprak örneklerinin Fe, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Mn analizleri bulguları.....	152
Çizelge 5.18 Bitki örneklerinin azot analizi bulguları	160
Çizelge 5.19 Bitki örneklerinde fosfor analizi bulguları.....	162
Çizelge 5.20 Bitki örneklerinde K, Ca, Na, Mg analizleri bulguları	164
Çizelge 5.21 Bitki örneklerinde Fe, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Mn analizi bulguları.....	171
Çizelge 5.22 Pearson momentler çarpım korelasyon analizi	217
Çizelge 5.23 Verilerin genel istatistiksel analizi.....	219

1. GİRİŞ

Türkiye, özellikle floristik çeşitlilik ve endemizm açısından ılıman kuşağın en zengin ülkelerinden biridir. Floristik çeşitlilik, başta ekosistem çeşitliliği olmak üzere edafik, iklimsel, topoğrafik, jeolojik vb. çeşitliliklerin bir yansımasıdır.

Edafik çeşitliliğin biyoçeşitliliğe katkısı oldukça büyük olup dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli endemizm merkezleri serpantinli ve jipsli topraklardır.

Serpantin kayalar tüm dünyada endemizm bakımından zengin habitatlar olarak bilinmektedir (Brooks 1987; Kruckeberg 2002). Kaliforniya'nın % 1.5'i serpantin kayalarla kaplıdır ve Kaliforniya'daki 1410 bitkinin 176'si (% 12) serpantinlere endemiktir. Sadece 669 taksonun serpantin ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde bu sayı oldukça yüksektir (Brady vd. 2005).

Küba'nın sadece % 7'si serpantin olmasına rağmen ülkenin 6375 türünden 920'si serpantin endemiğidir. Bunun dışındaki endemiklerin de birçoğu hem serpantinde hem diğer substratlarda gelişmektedir (Reeves vd. 1999).

Benzer şekilde Türkiye'de serpantin kayaların yayılış alanları dikkate alındığında özellikle neredeyse tamamı serpantin seriden oluşan "Anadolu Diyagonali" üzerinde yoğunlaştığı, diyagonal üzerindeki endemizmin en önemli nedenlerinden birisinin edafik ya da jeolojik izolasyon olduğu ortaya konulmuştur (Kurt vd. 2013).

Yeni tespit edilen taksonların büyük çoğunluğunun serpantin kayalar üzerinde yayılıyor olması serpantin sendromundan kaynaklı divergent evrimin etkisinin yüksek olduğu kanaatine neden olmuştur.

HİPOTEZ: Serpantin kimyasından kaynaklanan fitokimyasal farklılaşma “Serpantinikol Endemizm” neden olur.

“Serpantin Sendromu”na karşı kemo-divergent adaptif mekanizmalar (Divergent Evrim) sonucu gelişen fitokimyasal uyum stratejileri türleşmede önemli rol oynar.

Bu tez çalışmasında önemli edafik endemizm merkezlerinden biri olan serpantin içerikli topraklardan, Ankara Elmadağ serpantin serisinde, serpantinikol endemizmin ekolojik uyum mekanizmalarının araştırılması ile edafik izolasyona bağlı türleşme ve evrimleşme mekanizmasını fitokimyasal uyum stratejileri ile açıklamak amaçlanmıştır.

1.1 Edafik Endemizm

Endemizm, kimi türlerin sınırlı yayılış göstermesi olarak bilinmektedir. Seçmen (1996) bu durumu iki şekilde açıklamaktadır;

a) Jeolojik devirlerde geniş yayılmış, zamanla çevresel koşullara adapte olamayıp soyun büyük kısmı ortadan kalkmış olabilir. Adapte olup kalabilen diğer bireyler sığınmacı olarak spesifik çevresel koşullarda yaşamaya devam edebilirler.

Kalan tür bireyleri, sığınabildiği çok özel çevre koşullarında varlıklarını devam ettirebilirler ki bu türlere “paleoendemik” veya “konservatif endemik” adı verilmektedir.

b) Tür yeni oluşmuş ve daha yeni yeni yayılmakta olduğundan dolayı dar bir alanda gözlemlenebilir ki bu türlere de “neoendemik” adı verilmektedir. Engler (1882)’nin yaptığı gruplandırma da aynı şekildedir.

Favarger (1961) ise endemik türleri “paleoendemikler”, “şizoendemikler”, “patroendemikler” ve “apoendemikler” şeklinde dörde ayırmıştır. Paleoendemikler, jeolojik dönemlerde geniş yayılırken zamanla daralmış türlerdir.

Şizoendemikler, türün yayıldığı geniş bölgenin içinde değişik ekolojik koşulların ortaya çıkmasıyla zamanla oluşan yeni türlerdir.

Patroendemikler, diploididen poliploidiye geçerek yeni oluşan türlerdir. Apoendemikler ise atasal bir türden oluşan türlerdir (Kaya ve Aksakal 2005).

Türkiye floristik tür çeşitliliğinin yanı sıra endemik tür bakımından da oldukça zengindir. Türkiye Florası'nın % 30'u endemiktir. Diğer Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında % 30'luk endemizm oldukça ciddi bir orandır.

Edafik çeşitliliğin biyoçeşitliliğe katkısı oldukça büyük olup ülkemizde önemli endemizm merkezleri serpantinli, jipsli veya tuzlu topraklarda yayılmaktadır.

Yurdumuzda önemli endemizm merkezlerinden olan serpantin içerikli topraklar bitki gelişimi için ekstrem habitatlardır. Bu ekstrem koşullara uyumsal açılım geliştiren bazı taksonlar bu alanların dışına çıkamamakta ve yayılış alanları sınırlı kalmaktadır, obligat olarak serpantinde yaşayan bitkilere “*serpantinofit*”; fakültatif olarak hem serpantin üzerinde hem de serpantin dışında gelişebilen bitkilere ise “*serpantinovag*” adı verilmektedir (Novak 1928, Rune 1953, Kurt vd. 2013).

Biyolojik çeşitliliğin temel nedenlerinden birisi “*edafik adalar*” olarak adlandırılan ekstrem edafik koşullarda gerçekleşen uyumsal açılımlardır. Serpantin, jips gibi bazı kayaçlardan gelişen topraklarda endemizmin yoğun olması “*jeolojik izolasyon*” ile açıklanmakta ve bu bölgeler “*jeolojik ada*” ya da “*edafik ada*” olarak adlandırılmaktadır. Ekstremler edafik koşullara genetik çözümler üretmiş olan bazı bitki türleri bu alanlarda tutunabilmektedir (Reeves vd. 1999; Rajakaruna 2004).

Edafik adalar dahil yeni çevrelerin kolonizasyonu lokal adaptasyon aracılığıyla ekotipik farklılaşma ya da fenotipik plastisiteyle sağlanabilmektedir (Hereford 2009, Palacio-Lopez vd. 2015).

Ekotiplerin varlığı türleşme sürecinde kritik bir aşama olup bu populasyonları tanımak ve kavramak evrimsel çalışmalar için hayati önem taşımaktadır (Via 2009).

Doğada ekotipler arasındaki keskin habitat sınırlamaları doğal seleksiyonun en iyi deneysel kanıtlarını sağlayan oldukça zorlayıcı bir olgudur (Rajakaruna ve Whitton 2004).

Allopatrik türleşme, edafik olarak kısıtlanmış paleoendemik türlerin kökeni için özellikle önemli bir yol olarak düşünülmektedir. Keskin ve keskin sınırlandırılmış edafik habitatlar parapatrik türleşme sürecince kontakt zonları boyunca edafik uzmanların divergent evrimi için fırsat sağlamaktadır (Rajakaruna 2018).

Türleşmeye dolaylı yoldan yönlendiren faktörlere bir örnek olarak Meindl ve Ashman (2013)'ya göre polinatörler temiz nektar ile metaller tarafından kontamine olmuş nektarı ayırt edebilme yetisine sahiptir ve toksisite sebebiyle metal birikimli nektarı tercih etmemektedirler. Polinatörün bu tercihi, farklı substratlarda yaşayan yakın akraba türler arasında gen akışını sınırlandırabilmektedir. Çünkü polen-stigma arasındaki uyumsuzluk bile potansiyel verimliliği azaltabilmektedir ve bu durum dolaylı olarak üreme izolasyonuna sebep olmaktadır (Gardner ve Macnair 2000, Rajakaruna ve Whitton 2004).

Ekstrem habitatlara toleranslı türlerle yapılan popülasyon genetiği ve filogenetik analizler, edafik koşullara karşı toleransın angiospermelerin çeşitli grupları tarafından defalarca kazanımla sonuçlanırken kimi grupların kaybolmasına sebep olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum edafik toleransın evrimsel olarak kararsız olduğunu göstermektedir ki bu da edafik endemizmin evrimsel bir çıkmaz sokağı temsil edebileceğini düşündürmektedir. Bu konu ile ilgili farklı görüşler olmakla beraber

endemikler sıkça tekrarlayan introgresyon ve poliploidizasyon ile komşu popülasyonları etkileyebildiği ve substratlar arasında daha fazla çeşitlendirme potansiyeline sahip oldukları için bu görüşün genellenemeyeceğine varılmıştır (Schmickl ve Koch 2011, Rajakaruna 2018).

Edafik uzmanlar lokal adaptasyon ve ekolojik türleşme için anahtar elemanlardır (Crawford vd. 2014). Hem adaptif fenotipik plasitise hem de lokal adaptasyon edafik divergensiye katkıda bulunmaktadır (Rajakaruna 2018).

Her ne kadar edafik uzmanlar allopatrik, parapatrik ve simpatrik türleşme tiplerinin altında evrimleşebilse de neoendemik türlerin kökeninin merkezinde peripatrik türleşmenin güçlü kanıtları vardır (Anacker ve Strauss 2014).

Edafik adaptasyonların üreme izolasyonu üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri vardır. Adaptif ve üreme izolasyonu özelliklerinin bazı soylarda hızlı ve tekrarlı gelişebilmesi edafik uzmanları paralel türleşmenin anahtar elemanları haline getirmektedir (Rajakaruna 2018).

Doğada habitat kullanmada ekolojik uzmanlaşma oldukça yaygındır (Futuyma ve Moreno 1988, Stevens 1989, Brown 1995, Gaston ve Blackburn 2000). Evrimsel süreçte biyolojik çeşitliliğin kayıp ya da kazançlarında ekolojik desenler önemli rol oynamıştır. Bununla birlikte habitata uyumun evrimsel kökeni henüz tam olarak ortaya konulamamıştır.

1.2 Serpantin

Yüksek oranda Mg, Fe ve olivin (Mg_2SiO_4), piroksen ($XYSi_2O_6$) gibi mafik mineraller içeren kayaç ve silikat mineralleri ultramafik kayaç adını almaktadır (gabro, bazalt, peridotit gibi). % 45'den azı silika olan kayaçlara ise ultramafik kayaçlar adı verilmektedir.

Serpantin, peridotit ve piroksenitin hidratasyonu nedeniyle değişikliğe uğrayarak oluşmuş bir kayaç tipidir ve ultramafik kayaların aşınması ile oluşmaktadır. Bu magmatik veya metamorfik kayaların en az % 70'i ferromagnezyen veya mafik (Magnezyum + ferrik = mafik) minerallerden oluşmaktadır.

Maden cevheri bakımından zengin olan serpantinitler gabro-ultramafik kayaçlar sınıfına girer. Ana manto materyali olan olivin veya peridotit ve piroksenit ile suyun reaksiyona girmesi ile serpantin oluşumuna 'serpantinizasyon' adı verilmektedir. Serpantin içrikli kayaçlara serpantinit adı verilmektedir (Şekil 1.1 Brooks 1987).



Şekil 1.1 Serpantinitlerin genel görünüşü

Serpantinitler; alpin tipi serpantinitler, esas kabuk tabakasından gelişen okyanus dibi serpantinitleri gibi çeşitlere ayrılmaktadır. Serpantin topraklar, ferromagnezyen silikattan oluşan ultramafik kayalar silsilesinin ürünüdür. Daha çok antigorit, krisotil ve lizardit gibi mineral gruplarını içermektedir.

Yaygın ultramafik kayalar peridotit ve bunların yerkabuğundan hidratasyonu sonucu oluşan serpantinit içeren sekonder alterasyon ürünlerinden köken almaktadır. Serpantin oluşumunun edafik faktörleri fiziksel, kimyasal ve biyotik bileşenleri içerecek şekilde çok yönlüdür (Kruckeberg 2002, Brady vd. 2005).

Dünyanın hemen her yerindeki ve ada yaylarındaki serpantin kayalar yerkürenin üst mantosundan köken almaktadır. Pürüzsüz ve zeytin-yeşili renkte, alacalı, pullu olması

nedeniyle latince de yılan anlamına gelen “*serpentinus*” tan adını almıştır. Serpantin kayalar faylar ve makaslama zonlarında genellikle büyük masifler ve kemerler halinde yayılmaktadır.

Serpantinit gibi serpantin içeren kayalar kültürel ve tarihsel bakımdan önemli materyallerdir. Serpantinitler kolaylıkla işlenebilir ve bu nedenle tarihsel süreçte birçok kültür tarafından alet ve mücevher yapımında, törensel oymalarda, dekorasyonda, toplumların kültürlerini yansıtan tılsımların yapımında, yılan ısırıklarından korunmada kullanılmıştır. Nikel, kobalt, krom, asbestler (chrysotile gibi) genellikle serpantin içeren kayalardan ekstrakte edilmektedir.

Coleman ve Jove (1992), serpantin kayaların nasıl doğrudan peridotit olarak manto kayaların tektonik yerleşme ile bağlantılı olabileceğini araştırarak bu kayaların mineroloji, petroloji, iklimsel ve coğrafik dağılımı hakkında ayrıntılı bilgi vermişlerdir.

Moore (2011), serpantinit ve peridotit olan ultramafik kayalar dahil karasal topluluklara dair tarihsel süreçten bahsetmiş, ofiolitlerin levha tektoniği kuramını nasıl destekleyerek jeologlara yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Hirth ve Guillot (2013), çalışmalarında serpantinlerin kıtaların kayması ve okyanus yayılımındaki önemini, nükleasyonda aldığı rol ve depremlerde artışın etkisinden bahsetmişlerdir.

1.2.1 Serpantin’in Yayılışı

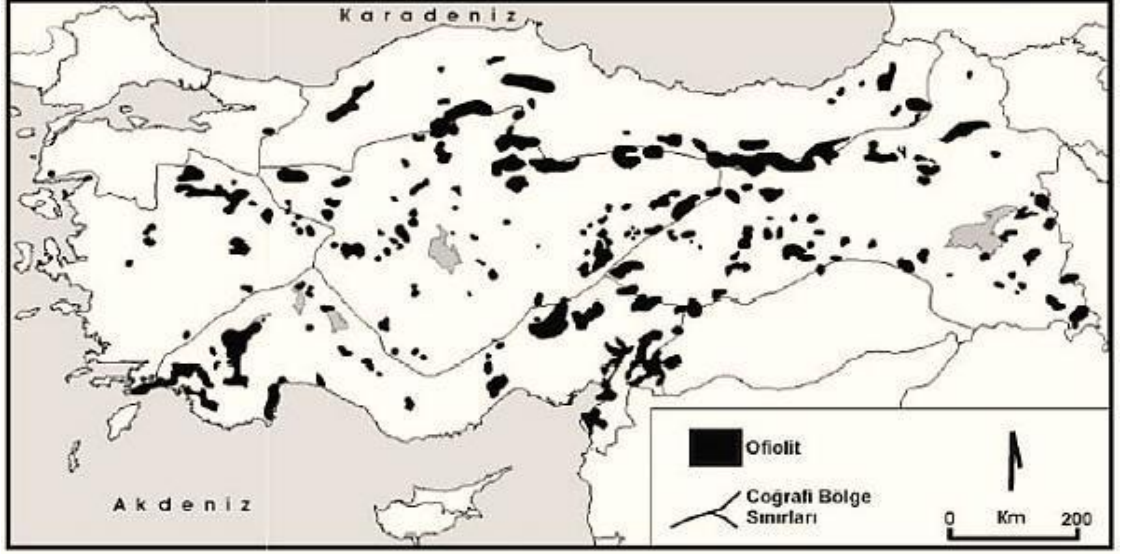
Dünya yüzeyinin % 1’den daha az bölümünü kaplayan ultramorfik (serpantin) kayalar, dünya genelinde yamalar halinde yayılış gösterir (Şekil 1.2). Serpantin oluşumunun edafik faktörleri fiziksel, kimyasal ve biyotik bileşenleri içerecek şekilde çok yönlüdür (Brooks 1987, Brady vd. 2005).



Şekil 1.2 Serpantinin dünyada yayılışı

Serpantin kayalar tüm dünyada endemizm bakımından zengin habitatlar olarak bilinmektedir (Brooks, 1987; Kruckeberg, 2002). Örnek olarak Kaliforniya'nın % 1.5 'i serpantin kayaçlarla kaplıdır ve Kaliforniya'daki 1410 bitkinin 176'sı (% 12) serpantinlere endemiktir. Sadece 669 taksonun serpantin ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde bu sayı oldukça yüksektir.

Ultramafik kayaçlar yurdumuzun doğu ve güneydoğu illeri hariç birçok yerinde yayılmaktadır. Kütahya ve Balıkesir çevrelerinde, Antalya ve Muğla civarında, Hatay ve Adana civarında Amanos Dağları'nda, Doğu Toroslarda Mersin'in kuzeyi ve kuzeydoğusunda, Niğde ve Adana arasında Aladağ masifi içinde, Adana'dan Erzincan'a kadar yüzlerce kilometrelik hat boyunca uzanır. Ayrıca Ankara ve Çanakkale çevrelerinde de lokal de olsa rastlanmaktadır (Şekil 1.3 – 1.4 Kurt vd. 2013).



Şekil 1.3 Serpantin Türkiye’de yayılışı



Şekil 1.4 Ankara-Elmadağ dolaylarında serpantin seriden genel bir görünüş

Türkiye'de endemizm açısından önem taşıyan alanlardan birisi de serpantinli toprakların yayılış alanlarıdır.

1.3 Stres

Olumsuz çevre koşullarına bitkilerin cevap verme yetenekleri bitkilerin coğrafik dağılımını etkilemektedir. Bir çevrede devamlı ya da arada oluşan çok sayıdaki olumsuz fakat hemen öldürücü olmayan ancak büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyen, engelleyen, bitkide dış faktörlerin zorlamasıyla oluşan etki strestir.

Stres altında bitkide metabolik faaliyetler ya değişik bir yöne kayar ya da indirgenir. Eğer bitki herhangi bir stres koşuluna uyum sağlamışsa uyum sağladığı stres şartlarında stres altında kalmış sayılmamaktadır. Örnek olarak tuzcul bitkiler başka bitkilerin yaşayamayacağı yüksek tuz konsantrasyonunda bile stres altında kalmadan yaşamlarını sürdürebilmektedirler.

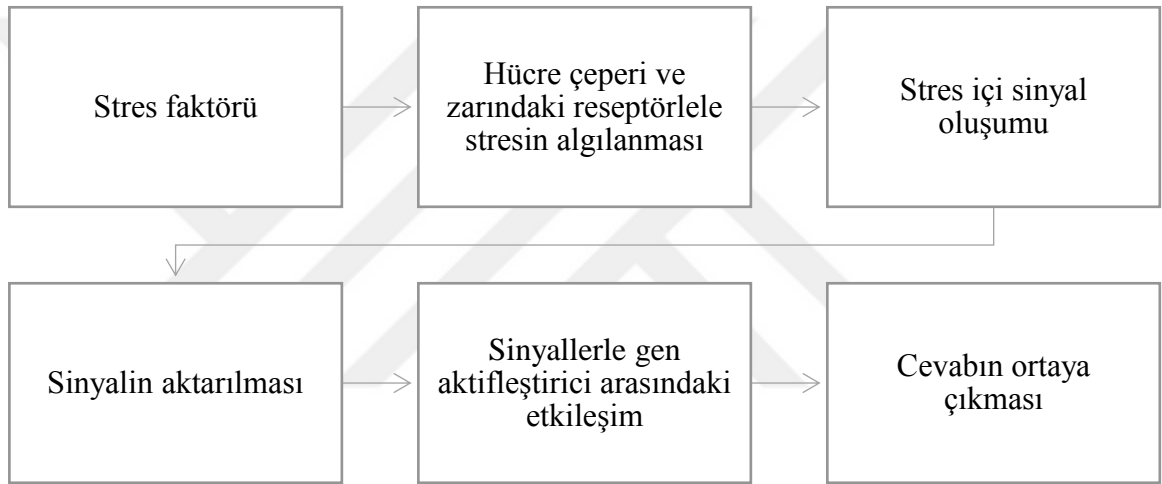
Bitkiler stres koşullarına karşı kaçarak ya da direnerek tepki verebilirler (Şekil 1.5) Bitkiler tarafından submoleküler düzeyde verilen stres cevapları hücre içinde serbest radikaller oluşturularak sağlanmaktadır.

Enzimler aracılığıyla sağlanan aktif oksijen normalde hücrelerde çok az iken stresle karşılaştıktan hemen sonra çok yüksek oranlara çıkar ve sitotoksiktir. Ancak strese karşı savunma mekanizması oluşturur ve koruma, kuvvetlenme sağlamaktadır.

Bitkiler moleküler düzeydeki stres cevaplarını ise sekonder bileşikler, polisakkaritler ve bazı stres proteinleri ile vermektedirler. Özellikle stres proteinleri stres altında bulunmayan hücrelerde normalde bulunmamaktadır. Stres durumunda bu proteinlere ait genler aktifleşerek stres proteinlerinin sentezlenmesini sağlarlar. Stres koşulları ortadan kalkınca bu proteinler de yok olurlar.

Subselüler düzeyde stres cevapları hücre çeperleri ve zarlarının kendini stres koşulları doğrultusunda uyarılması ile verilmektedir. Stres durumunda hücre çeperinde lignin sentezi ve depolanması artar, sağlamlık kazandıran kalloz sentezlenir, hücre zarının akışkanlığı değişir (Kılınç ve Kutbay 2008).

Serpantin üzerinde gelişen serpantinovaglarda serbest prolin içeriği oransal olarak düşük, çözünebilir karbonhidrat oranı yüksektir. Serpantin dışındaki serpantinovaglarda çözünebilir karbonhidrat miktarı artarken serbest prolin içeriği azalmaktadır (Özbey vd. 2017).



Şekil 1.5 Stres-cevap akış şeması

1.4 Serpantin Sendromu

"Peridotit, serpantininit gibi anakayaların hırçın fiziksel ve kimyasal olumsuzlukları, en şaşırtıcı dönüşümlere sebep olmaktadır." (Wallace, 1883)

Serpantinli topraklar birçok yerde bulunmaktadır ancak düzensiz yamalı bir dağılım göstermektedir. Alanlar arasında bazı varyasyonlar olmasına rağmen, Whittaker (1954) 3 ortak özellik ortaya koymuştur:

- a) Düşük bitki verimliliği
- b) Yüksek endemizm oranı
- c) Komşu alanlardan farklılaşmış vejetasyon tipleri.

Bu özelliklere bakarak Whittaker (1954) serpantin problemini 3 kısma ayırmıştır.

- 1- Edafik Faktör
- 2- Bitki türleri- tepki ilişkisi (otoekoloji)
- 3- Bitki toplulukları-tepki ilişkisi (sinekoloji)

Serpantin probleminin edafik faktör kısmı, kimyasal, fiziksel ve biyotik bileşenleri ile çok yönlüdür. Kruckeberg (1985) bitkiler üzerindeki en etkili bileşenin kimyasal bileşen olduğunu vurgulamıştır. Serpantinli topraklar düşük Ca:Mg oranı ile karakterize edilmektedir. Bu alanlarda Ca konsantrasyonu, civardaki diğer alanlara kıyasla çok düşüktür.

Serpantinli topraklar aynı zamanda demir, nikel, krom, kobalt gibi birçok bitkiye toksik etki yaratan ağır metalleri yüksek miktarda içermektedir. Ayrıca serpantinli topraklar bitkiler için mutlak gerekli olan azot, potasyum ve fosfor gibi temel bitki besin maddeleri açısından fakirdir (Gordon ve Lipman 1926, Vlamis ve Jenny 1948, Walker 1954, Proctor ve Woodell 1975, Brooks 1987).

Serpantin topraklar genellikle azot, fosfor, potasyum ve kükürt gibi bitki ana besin elementleri açısından fakirdir. Ca:Mg oranı 1'den azdır. Yüksek miktarda nikel, kobalt ve krom gibi ağır metaller içermektedir (Rajakaruna vd. 2014).

Düşük bitki üretimi, yüksek endemizm oranı ve komşu bölgelerdeki vejetasyon tiplerinden farklı oluşu serpantin alanların üç temel özelliğidir (Whittaker 1954). Serpantin alanın yüksek ağır metal içermesi (krom, nikel, kobalt ve mangan) ve düşük Ca:Mg oranına sahip oluşu ile zayıf azot, fosfor ve potasyum barındırması bitkiler

açısından olumsuz bir durum yaratmaktadır (Proctor ve Woodell 1975, Kruckeberg 1984, Robinson vd. 1997, Proctor 1999).

Serpantin toprak ferromagnesian silikat mineralidir ve yüksek konsantrasyonda alınabilir nikel, çoğunlukla da krom ve kobalt bulundurmaktadır. Nikel, bitki büyümesine olumsuz etkide bulunmaktadır (Kruckeberg 1984).

Serpantin fiziksel koşulları da birçok bitki için oldukça zordur. Serpantin mostralara, genellikle sarp ve kayalık nispeten sık topraklarda yayılırlar ve erozyona özellikle hassastırlar. Bu topraklardaki silt ve kil içeriği genellikle minimaldir (Walker 1954, Proctor ve Woodell 1975, Kruckeberg 2002).

Bu nedenle serpantinli toprakların kimyasal yapısına olduğu kadar kuraklığa da tolerans kabiliyeti, bitkiler için hayati önem taşımaktadır.

Biyolojik olarak, serpantinli alanlar genellikle çevredeki diğer bölgelerle kıyaslandığında çok büyük sayıda çeşitliliğe sahip floralara sahiptir. Çeşitliliğe rağmen seyrek bitki örtüsü erozyona ve toprak sıcaklığının yükselmesine sebep olmaktadır (Kruckeberg 2002).

Bu faktörlerin her biri bitkiler için ek bir stres kaynağı teşkil etmektedir. Tüm bu kimyasal, fiziksel ve biyotik bileşenlerin oluşturduğu durumu Jenny (1980), “serpantin sendromu” terimini kullanarak özetlemiştir.

Serpantinli topraklarda yaşayan bitkiler tüm bu stres faktörlerinin tamamına karşı, bir diğer deyişle serpantin sendromuna karşı, adaptasyon geliştirmek zorundadırlar.

Kaliforniya'nın serpantinli bölgeleri, tüm yüz ölçümünün % 1'ini kaplamaktadır. Ancak buna rağmen Kaliforniya'nın tüm endemik bitkilerinin % 10'u serpantin endemiğidir (Kruckeberg 1985, 2002).

Araştırmalara göre serpantin toleranslı türler ve ırklar, serpantin olmayan çevrelere adaptasyonda çok başarılı değildirler (Kruckeberg 1950, 1954).

Serpantine toleranslı bitkiler genellikle serpantin bölgelere endemiktir. Serpantin problemini, serpantin toplulukların yapısını ve dağılımını özetleyecek nitelikte açıklama Whittaker (1954) tarafından yapılmıştır.

Serpantin alanlar çok dikkat çekici alanlardır çünkü komşu alanlardan keskin bir şekilde ayrılır, serpantinli topraklar parlak bir edafik kesinti varlığının sınırlarını çizmektedir. Ekstrem durumlarda, serpantinli bölgeler sarp bir ekolojik gradyanın varlığına şüphe bırakmadan, kurak geçer.

Vlamiş ve Jenny (1948)' e göre, serpantinli topraklarda düşük konsantrasyonda bulunan Ca, serpantin sendromunun başlıca sebebidir. Yüksek Mg oranı da bu problemi daha da karmaşıklaştırmıştır. Bu hipotez birçok çalışma ile de desteklenmiştir (Walker 1948; Vlamiş 1949; Kruckeberg 1954; Walker vd. 1955). Örneğin Kruckeberg (1954) *Phacelia californica* (Hydrophyllaceae)'nın serpantin üzerinde yaşamayan ırklarının toprak Ca bakımından doyurulduğunda hayatta kalabildiğini fakat N, P, K bakımından doyurulan topraklarda yaşamlarına devam edemediklerini tespit etmiştir.

1.5 Serpantin Sistemlerin Ekolojisi ve Serpantinofitlerin Adaptasyonu

Serpantin sistemlerin ekolojisi, mevcut endemik bitki türlerinin zenginliği, serpantine özgü bitkilerin adaptif morfolojileri ve serpantin toplulukların kendine özgü yapısı ile oldukça ilginçtir (Brady vd. 2005).

Iturralde (2001) bitkilerin, sklerofil, mikrofil, dikenli gövde yapısı gibi serpantine özgü çeşitli adaptasyonlar geliştirdiklerini belirtmiştir.

Harrison (1997)'a göre, büyük serpantin içeren alanlarda alfa çeşitlilik (lokal tür sayısı) daha yüksek iken beta çeşitlilik (alanlar arasındaki türlerdeki farklılaşma) küçük alanlarda dikkat çekici oranda daha fazladır.

Ayrıca, yine Harrison (1999), küçük yamalar halindeki serpantin alanlardaki yabancı tür miktarının topraktaki Ca miktarı ile doğrudan korelasyon göstermekte olduğunu ortaya koymuştur. Ancak bunun aksine, geniş yamalardaki serpantin endemiği sayısı topraktaki Ca konsantrasyonu ile ters orantılıdır.

Genellikle serpantin topraklara adapte olmuş bitkiler, serpantin olmayan topraklara adapte olmuş bitkilerden morfolojik olarak farklıdır. Serpantine dayanıklı türlerin ve ırkların çeşitli karakteristik morfolojik özellikleri vardır. İlk olarak, tipik indirgenmiş zeromorfik yapıda yapraklara sahiptirler. İkinci olarak, serpantin toleranslı bitkilerin boyutları, serpantin olmayan topraklara göre önemli ölçüde küçüktür. Son olarak, serpantinli topraklarda gelişen türlerin kök sistemleri komşu bölgelerle kıyaslandığında çok daha fazla gelişmiştir (Pichi-Sermolli 1948; Rune 1953; Krause 1958, Ritter-Studnika 1968). Ağır metalleri vakuoller aracılığıyla dokularında normal bitkilerden çok daha fazla miktarda biriktirebilirler.

Hiperakümülyasyon, bitkilerin serpantin topraklarda yaşamlarını sürdürebilmesinin bir diğer sebebidir. Hiperakümülatörler dokularında 1000 mg/kg⁻¹'dan fazla Ni, Co, Cu, Cr ya da 10000 mg/gr dan fazla Zn, Mn vb. barındırmaktadırlar (Baker ve Brooks 1989).

Metal toleransı bir kenara, hiperakümülyasyonun allelopati yoluyla herbivorlara veya genel patojen direncine karşı savunma sağlayarak bitkiye fayda sağladığı düşünülmektedir (Boyd ve Martens 1998; Boyd ve Jaffre 2001, Davis vd. 2001).

Metalofitler doğal olarak yüksek seviyelerde ağır metal bulduran topraklarda yetişen bitkilerdir ve yüksek seviyelerdeki ağır metallerin büyük bir kısmı serpantin topraklarda bulunduğu için birçok metalofit serpantin topraklar üzerinde yaşamaktadır.

Hiperakümülatör terimi, ağır metalleri diğer bitkilere göre daha büyük miktarlarda alarak toprak üstü dokularında depolayan bitkiler için kullanılmaktadır.

Ağır metallere karşı tutumlarına göre bitkiler dışlayıcılar, indikatörler ve akümülatörler olarak gruplandırılmaktadır. Dışlayıcılar yüksek miktarda metali köklerinde biriktirme eğiliminde iken indikatörler toprak üstünde topraktaki kadar metali biriktirmektedir. Akümülatörler ise topraktakinden daha fazla miktarda metali bünyesinde biriktirmektedirler ve bu özellikleri ile fitoremediasyonda kullanılmaktadırlar. Akümülatörler ağır metalleri kofullarında peptidlere bağlayarak depoladıkları için toksik etkiden zarar görmemektedirler (Baker ve Walker 1990).

Ağır metal kirliliğinin önemli bir sorun olduğu günümüzde bu kirliliğe maruz kalan toprakların temizlenerek kullanılabilir ve nitelikli hale gelebilmesi için hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır. Bu sebeple bu nitelikteki bitki türlerinin belirlenmesi ayrıca önem taşımaktadır.

Bazı bitkiler metalleri bünyelerinde biriktirme konusunda diğer bitkilerden daha yeteneklidirler. Bu bitkilerin tespit edilip kirliliğe maruz kalmış topraklarda yetiştirilmesi, bu toprakların temizlenmesi için dolaylı bir metod olarak kullanılmaktadır.

Birçok bitki için 100 mg/kg^{-1} çinko birikmesi zehir etkisi yaratırken en bilinen hiperakümülatörlerden olan *Thlaspi caerulescens* yaklaşık 260 kat daha fazla çinkoyu bünyesinde herhangi bir zehirli etkiye maruz kalmadan biriktirebilmektedir (Mulligan vd. 2001).

Fitoremediasyon, ağır metaller bakımından kirliliğe maruz kalmış bölgelerin temizlenmesinde tercih edilen, daha ucuz ve ekolojik bir yaklaşım olup toprağa bir nevi detoks uygulamak olarak düşünülmektedir.

Fitoremediasyon; fitoekstraksiyon, rizofiltrasyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon fitodegradasyon gibi kategorilere ayrılmakta olup bölgenin potansiyel durumu ve ihtiyacı doğrultusunda en sağlıklı yöntem belirlenmektedir (Baker vd. 1994).

Ancak hiperakümülatör türlerin bu olumsuz çevresel şartlara uyum gösterip göstermemesi sınırlayıcı bir faktördür. Bu durumu çözebilmek için hiperakümülatör ve alakalı mekanizmaları kavramak büyük önem taşımaktadır.

Hiperakümülatör bitkiler aynı zamanda fitoremediasyon ve fitomining gibi fitoekstraksiyon aktivitelerindeki potansiyel kullanımları ile de dikkat çekmektedir. Fitoremediasyon, hiperakümülatör bitkilerin metallerin kontamine ettiği topraklardan, metallerin uzaklaştırılması için kullanımı iken fitomining ise yine hiperakümülatör bitkiler aracılığıyla doğal yapısı yüksek seviyede metal içeren topraklardan metallerin uzaklaştırılmasıdır. Her iki durumda da bitki dokularındaki metaller eğer yeniden elde edilebilir halde ise bio-cevher (bio-ore) adını almaktadır.

Briscoe vd. (2009)'a göre, serpantinde gelişen türler, ister vasküler ister bryophyt olsun normal topraklarda gelişen bitkilere kıyasla çok daha fazla ağır metal biriktirmekte olup oldukça düşük Ca:Mg oranına sahiptirler.

Serpantinde gelişebilen türler, neredeyse tükenmiş Ca seviyelerine, Mg ve nikelin yüksek konsantrasyonlarına oldukça toleranslıdır. Su gereksinimini ve aşırı su kaybını minimize edebilmek için serpantinde gelişen bitkiler stomalarını kapalı hale getirmektedir. Buna ek olarak, serpantine toleranslı bitkiler serpantinde gelişmeyen bitkilere kıyasla daha yavaş büyürler ve kuraklığa uyum sağlayacak stratejilere sahiptirler (Cooke 1994).

Çok sayıda çalışma serpantin topraklarda hayatta kalma üzerinde kuraklık toleransının önemini vurgulamaktadır. Toprak derinliği ve toprağın kimyasal yapısının kombinasyonu serpantin alanlarda mikrohabitatlardan bir yama oluşturmaktadır (Brady vd. 2005).

Serpantin ve serpantin olmayan komşu habitatlar arasında genellikle keskin farklılıklar bulunmaktadır.

Harrison ve arkadaşları (2006) Kaliforniya'daki serpantin alanlardaki bölgesel ve yerel faktörlerin bitki zenginliği ile ilgili olduğunu keşfetmişler; mostralar ve izolasyonun yağış miktarı ve lokal vejetasyon özellikleri gibi çevresel faktörlere göre daha az önem taşıdığını ortaya koymuşlardır.

Kazakou ve arkadaşları (2008), serpantin floralardaki yüksek dereceli endemizmin, serpantin alanlardaki koşulları tolere edebilen adaptasyonlar aracılığıyla sağlanmakta olduğunu ve serpantin popülasyonlar, serpantin olmayan topraklarda yetiştirildiği takdirde bu adaptasyonların rekabet yeteneği kaybı ile sonuçlandığını ortaya koymuşlardır.

Moore ve Elmendorf (2011), serpantin endemizmine dair rekabetin rolünü araştırmış ve bu kompleks faktörler ve bu rekabetin serpantin sistemler üzerine etkileri hakkında daha fazla çalışma yapılması gerektiğine kanaat getirmiştir.

Brady ve arkadaşları (2005), topraktaki Ca, Mg miktarlarının ya da Ca:Mg oranının, nikel, krom gibi ağır metallerin seviyesinin en dikkat çekici stres faktörleri olduğunu fakat kuraklık gibi diğer faktörlerin de önemli olabileceğini belirtmiştir.

Gustafson ve Casper (2004), makro besin maddelerinin bitki-bakteri interaksyonunu nasıl değiştirebildiğini ve ortaya çıkan topluluğun yapısını araştırmışlardır. Patojenlere duyarlılık serpantin türlerin endemizmini pekiştirebilmektedir.

Springer (2009), bu patojen refüj hipotezini Kaliforniya'da yetişen bir keten türünde test etmiş ve pas hastalığının serpantin topraklar ile sınırlı türlerde daha az yaygın olduğu sonucuna varmıştır.

Porter (2013), serpantin ve serpantin olmayan topraklardaki bitki tohumlarının renkleri ile substrat renklerinin eşleşmesinin dikkat çekici bir olgu olduğunu belirtmiştir.

1.6 Dünya’da ve Türkiye’de Serpantin

Kaliforniya’nın serpantinli bölgeleri, tüm yüz ölçümünün % 1,5’ini kaplamaktadır. Ancak buna rağmen Kaliforniya’nın tüm endemik bitkilerinin % 12’si serpantin endemiğidir (Kruckeberg 1985, 2002).

Küba’nın sadece % 7’si serpantin olmasına rağmen ülkenin 6375 türünden 920’si serpantin endemiğidir. Bunun dışındaki endemiklerin de birçoğu hem serpantinde hem diğer substratlarda gelişmektedir (Reeves vd. 1999).

Akdeniz Bölgesi’nin en karakteristik cinsi olan *Alyssum* aynı zamanda Nikel Hiperakümülatörleri olarak da bilinir. *Alyssum*’un Türkiye’de 48 farklı taksonu vardır ve bunların 27 tanesi Türkiye’ye özgüdür. Serpantin endemiği olarak bilinen ve bünyelerinde yüksek oranda nikel biriktirebilen bitkilere örnek olarak: *Silene cserei* ssp. *aeoniopsis*, *Alyssum floribundum*, *A. constellatum*, *A. murale*, *A. dudleyi*, *Thlaspi elegans*, *Cochlearia sempervivum* verilebilir. Türkiye’de serpantin yoğun olduğu bazı sahalarda araştırmalar yapılmıştır ve bu araştırmalardan *Alyssum*, *Thlaspi* ve *Cochlearia* gibi bazı bitki gruplarının biriktirebildikleri nikel miktarının % 2’yi geçtiği sonucu elde edilmiştir (Kruckeberg vd. 1999; Davis vd. 2001; Reeves vd. 2001; Avcı 2005).

Türkiye’de serpantin alanlarda yayılış gösteren bitkilerin envanteri tamamlanmamış olmakla birlikte Türkiye florasının 9000’den fazla türü içermesi ve endemizm oranının % 25’in üzerinde oluşu, Türkiye’de serpantin oluşumların sıklığı ile başka yerlere göre endemizme katkısının haddinden fazla olması gibi nedenlerden dolayı en azından 100 türün serpantin endemiği olabileceğini var sayılmıştır (Reeves vd. 2001). Araştırmacılar Türkiye’nin batısındaki (Çanakkale, Balıkesir, Ankara, Antalya ve Muğla, İçel, Niğde ve Seyhan, Kütahya yörelerinde) serpantin alanlarda sürdürdükleri serpantin florası ile ilgili çalışma sonunda 8 adet yeni nikel hiperakümülatör tür saptamışlardır, bunlar;

Alyssum murale subsp. *murale* var. *haradjianii*, *A. sibiricum*, *A. aff. cassium* (sp. nov?), *A. dudleyi*, *Aethionema spicatum*, *Thlaspi perfoliatum*, *T. cariense*, *Centaurea ptosimopappoides*, *C. ensiformis*' dir.

Kurt ve arkadaşları (2013), serpantin üzerinde uzmanlaşan 223 takson belirtmiş olmakla birlikte yeni tanımlanan taksonlar ile bu sayı 248'e ulaşmıştır. 248 taksonun 167'si endemik, 8 taksonu ise ulusal ya da küresel ölçekte nadir kategorisindedir. 223 taksonun 97'si serpantinofit (zorunlu serpantin bitkisi=obligat) olarak, geri kalan 126 'sı ise serpantinovag (hem serpantin üzerinde hem de serpantin dışındaki farklı edafik koşullarda gelişebilen-fakültatif) olarak değerlendirilmiş iken yeni tanımlanan taksonlar ile birlikte değerlendirildiğinde 248 taksonun 119'u serpantinofit, 129'u ise serpantinovag olarak tespit edilmiştir. Kurt ve arkadaşları (2013) tarafından Türkiye Florası'nda epitetini serpantinden alan 8 takson belirtilmiş ancak yeni eklenen türler ile bu sayı 12'ye yükselmiştir (Özdeniz vd. 2017).

Söz konusu bu 12 takson;

CRASSULACEAE

Rosularia serpentinea (Werdermann) Muirhead

Prometheum serpentanicum (Werdermann) 't Hart var. *giganteum* (Eggli) 't Hart

SCROPHULARIACEAE

Verbascum serpenticola Hub.-Mor.

LILIACEAE

Fritillaria carica subsp. *serpenticola* Rix

Muscari serpentanicum Yıldırım, Altıoğlu ve Pirhan

Allium serpentanicum İ. Genç ve N. Özhatay

GENTIANACEAE

Centaureum serpenticola A. Carlström

FABACEAE

Astragalus serpentinicola H. Duman ve Ekim

ASTERACEAE

Centaurea serpentinica A. Duran ve B. Doğan

BRASSICACEAE

Erysimum serpentanicum Polatschek

CHENOPODIACEAE

Salsola canescens (Moq.) Spach subsp. *serpentinicola* Freitag ve E. Özhatay

CARYOPHYLLACEAE

Dianthus serpentinus Hamzaoğlu şeklindedir (Özdeniz vd. 2017).

1.7 Evrimsel Serpantin Ekolojisi

Serpantin topraklar bitkilerin edafik faktörlere verdiği fizyolojik cevaplar için doğal olarak oluşmuş ideal model sistemlerdir. Bu habitatlar fizyolojik olarak bir meydan okuma sahası olup populasyonları izole edebilecek güçtedir.

Çoğu bitki bu koşullardan kaçınmaktadır ki serpantin habitatların çorak, verimsiz ve çıplak oluşunun bir nedeni de bu durumdur.

Ağır metal akümüasyonu birçok bitkiyi yaprakların epidermal katmanları, mezofil hücreleri, trikomlar, vakuoller gibi özel hücre tiplerinde kompartımanlaşmaya itmektedir. Bu yolla bitkiler uzun vadede zararı minimize edebilmektedirler.

Kompartımanlaşmanın yanı sıra bir diğer mekanizma ise detoksifikasyondur. Birçok serpantin ve ağır metal toleranslı bitki artan şelatör, fitoşelatin ve organik asit konsantrasyonuna sahiptir.

Bu sayede ağır metalleri bağlayarak protein ve zarlarla interaksyonunu indirgemektedirler. Fitoşelatinler bitkilerdeki ağır metal toleransını sağlamada oldukça önemli rol oynamaktadırlar (Rajakaruna vd. 2014).

1.7.1 Elementel allelopati ve elementel kolaylaştırma

Hiperakümülatör bitkilerin dökülen yaprak ve diğer parçalarının topraktaki litter tabakaya karışarak metal oranını arttırdığı ve bu durumun da topraktaki bakteriyel florayı oldukça etkilediği düşünülmektedir (Boyd 2004).

Bir arada yaşayan ve metale daha az toleranslı bitki topluluklarındaki olumsuz etkiler elementel allelopati ile sonuçlanmaktadır (Boyd ve Martens 1998).

Elementel allelopatiye zıt olarak elementel kolaylaştırma ise yüksek element miktarları bitkiler üzerinde pozitif ekolojik etkiler ortaya çıkardığında oluşmaktadır. Boyd (2012) tarafından ortaya atılan “savunma geliştirme hipotezi” ne göre bitki dokularındaki eşik konsantrasyon nispeten düşükse ve eğer artması bitkiler açısından savunmayı güçlendirici bir fayda sağlıyorsa doğal seleksiyon daha fazla elementel konsantrasyon için evrilmeye ayrıcalık tanımalıdır. Ve hatta bu hipotezi tamamlayıcı nitelikte ayrıca “ortak etki hipotezi” ni ortaya atan Boyd (2012), kimyasalların oluşturdukları kombinasyondaki savunma etkisi yaratan pozitif etkileri, hiperakümülatör seviyelerinin altında olsa bile eşik konsantrasyon değerini düşürebilmektedir.

Kramer (2010)’a göre Brassicaceae familyasında nikel hiperakümülasyonu en az altı kez, çinko akümülasyonu ise üç kez evrimleşmiştir.

Jaffre ve arkadaşları ise (2013) filogenetik açıdan incelendiğinde nikel hiperakümülasyonunun 40 tane bitki familyasında tam 24 dallanma oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Bitkilerde ağır metallere tolerans, bir genotip ve çevresi arasındaki etkileşim ile belirlenen ağır metal alımındaki azalma veya içsel alıkoyma ile ilişkilidir. Ağır metallerin detoksifikasyonunda potansiyel mekanizmalara sahip olan bazı bitkiler ağır metallere toleranslı olarak ifade edilmektedir.

Ağır metallere karşı bitkiler tarafından geliştirilen korunma mekanizmaları familya, cins, tür, alttür ve çeşit seviyesinde farklılıklar gösterebilmektedir.

Ağır metal toksisitesinden korunmak için bitkilerin geliştirdiği içsel savunma mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılammakla beraber, bu mekanizmalar arasında vakuolar kompartımanlaşma, sıcaklık şoku proteinleri, enzimatik ve non-enzimatik antioksidant sistemleri, metalotiyoneinler gibi metal bağlayıcı ligandlar gösterilmektedir. Bununla birlikte, ağır metallerle kirlenmiş alanların fitoremediasyonu için uygun tür veya çeşitlerin geliştirilmesinde metal toleransı ile ilgili moleküler mekanizmalar ve genetik temellerin aydınlatılmasının önemli olduğu vurgulanmıştır.

Ağır metal stresine karşı hücrel cevaplarla ilişkili olarak metalotiyonein, tiyoredoksinler, glutatyon metabolizmasının proteinleri, antioksidant enzimler ve sıcaklık şoku proteinleri gibi ağır metal teşvikli genlerin teşhisi, ağır metal detoksifikasyonu ve toleransı bakımından önemli katkılar sağlamıştır. Ağır metallere maruz kalan bitkilerde sıcaklık şoku proteinlerinin (Heat Shock Proteins, HSP'ler) artan üretiminin bir ağır metal cevabı olduğu bildirilmiştir (Terzi ve Yıldız 2011).

Yüksek seviyedeki abiyotik stres ve serpantin mostraların adasal doğası nedeniyle, serpantin topraklarda gelişen taksonlar adaptasyon, ekotipik farklılaşma ve türleşme için model organizmalardır.

Turner vd. (2010), model cins olarak *Arabidopsis*'i kullanarak serpantin ve serpantin olmayan populasyonlardaki Ca:Mg toleransına bağlı polimorfizmi ve ağır metal detoksifikasyonunu araştırmışlardır. Sonuçlarda, coğrafi olarak farklı serpantine

toleranslı bölgelerdeki popülasyonlarda aynı polimorfizm aracılığıyla paralel ekolojik adaptasyonlar ortaya çıkabileceğini ileri sürmüşlerdir.

O'Dell ve Rajakaruna (2011) serpantin ve serpantin dışı popülasyonlarda ortaya çıkan intraspesifik varyasyon üzerine 12 familyaya ait 78 takson ile çalışmış, çiçeklenme zamanlarının farklılıklarını kaydederek ekolojik açıdan farklı popülasyonlar arasındaki indirgenmiş gen akışının potansiyelini ortaya koymak adına genişletilmiş bir derleme yapmışlardır.

Serpantin topraklar bitkiler için oldukça zorlayıcı habitatlardır ve bitkilerin bu zorlukların üstesinden nasıl geldiğinin belirlenmesi hep ilgi çekici bir konu olmuştur. Serpantin toprakların düşük Ca: Mg oranı bitkilerin büyümesi için temel zorluklardan biridir.

Bitkilerin bu düşük oranı tolere edebilme mekanizmaları oldukça önemli adaptasyonlardır. Bu mekanizmalara yüksek seviyedeki Mg içeren topraklara tolerans, Mg'un düşük absorpsiyonu ya da Ca'un yüksek absorpsiyonu gibi toleranslar dahildir (Rajakaruna vd. 2014. Rajakaruna ve Boyd 2014).

Gall ve Rajakaruna (2013), Brassicaceae familyasındaki bitkileri incelemiş ve Brassicaceae familyasının birçok serpantin toleranslı ve metal hiperakümülatörü bitki içerdiğini belirtmiştir. Serpantin topraklardaki stres faktörlerinin ve bitkilerin bu faktörlere karşı geliştirdikleri adaptasyonların temelini oluşturan genlerin arasındaki bağlantı her zaman dikkat çekici olmuştur.

Serpantin topraklara toleransla ilgili genleri incelemek için bir yaklaşım "quantitative trait loci kantitatif özellik lokusu" QTL' yi çalışmaktır. Örneğin, Wu vd. (2008), *Mimulus* cinsini ekolojik ve evrimsel fonksiyonel genomik sorularını cevaplamak adına bir model sistem olarak QTL kullanılarak nasıl geliştirildiğini ortaya koymuşlardır.

Ortak bir atadan oldukça farklı şekilde adaptasyonlara sahip çok sayıda türün evrimleşmesi uyumsal açılımla gerçekleşmektedir. Birbirinden farklılaşarak ayrılma ile divergensi oluşurken tam zıttı olarak konvergensi de farklı yerlerdeki şartlara rağmen benzer özellikler (yapı, formasyon vb.) taşıyan türler söz konusudur.

Turesson (1922), aynı türe ait iki farklı formda gelişmiş popülasyona rastlamış ve bu farklılıkların genetik değişimden ya da ortam değişikliğinden ileri gelebileceğini söyleyerek her iki popülasyonun bitkilerini aynı bahçede yetiştirmiş ve gelişimlerini gözlemiştir. Bu gözlemlerin sonucunda her iki popülasyona ait örneklerin morfolojik özelliklerini koruduklarını saptayarak doğal seleksiyona ve genetik değişimlere uğradığını ortaya koymuştur. Bu iki popülasyona farklı olduklarından ekotip adını vermiştir.

Aynı türün ekotipleri birbirinden coğrafik, ekolojik ve üreme açısından ayrılmışlardır. Bir türün ekolojik yayılışı ne kadar geniş ise o kadar çok ekotipi vardır. *Astragalus microcephalus* buna en iyi örneklerdendir. Satellite popülasyonlar oluştururlar. Turesson bu tespitiyle birlikte ekofin, ekotip, ekotür, sönötür kavram ve sınıflandırmasını ortaya atmıştır;

-*Ekofin*; Homojen genetik kökenlilerdir ve dış görünüşlerinde bazı farklar gözlenir fakat bir arada yetiştirildiğinde farklar yok olur (Habitat formu, Fizyolojik ark).

-*Ekotip*; Türde popülasyonlar mozaiklidir ve bunlar genetik özelliklere dayanan fizyolojik ve morfolojik farklar gösterip yaşamlarını sürdürürler (Öztürk ve Seçmen 1991).

Zıt toprak tiplerinde gelişen bitki popülasyonları, popülasyonların genetik farklılaşmasının üreme bakımından izole ettiği ve ekstrem durumlarda ekolojik türleşme ile sonuçlanan güçlü divergent seleksiyonlarla karşı karşıya kalabilmektedir (Schluter 2001).

1.8 Serpantinli Topraklardaki Diğer Canlıların Yaşamı

Cardace ve Hoehler (2011), serpantinleşme sürecinin ektramofil bakteriler de dahil kemosentetik canlılar için nasıl uygun habitat koşullarını oluşturabileceğini değerlendirmiştir.

Takai vd. (2005) ise moleküler ve fizyolojik yaklaşımlarla serpantin volkanından izole edilmiş yeni bir bakteri türünü ortaya koymuşlardır. Serpantinde yaşayan extramofillerle ilgili ultramafik manto kayaçları içeren çalışmalar üzerine net etkiler tespit edilmiştir.

Oline (2006), serpantinde yaşayan ve serpantin olmayan topraklarda yaşayan bakteri türlerini karşılaştırmak için moleküler bir yaklaşım kullanarak düşük taksonomik ölçekte, serpantin topraklarda yaşayan bakteriler kendi içlerinde birbirine daha çok benzerken serpantin olmayan topraklarda yaşayan bakteriler kendi aralarında daha az benzerlik gösterdiğini belirtmiştir.

Branco ve Ree (2010)'ye göre, substratın yarattığı ekstrem koşullara rağmen serpantin topraklar zengin ektomikorizal mantar topluluklarının yaşamını sürdürmesine destek olur nitelikte davranmaktadır. Bu durum, söz konusu mantarların serpantin toprağın karakteristiği olan edafik stres faktörleri karşısından sınır tanımadığını düşündürmektedir.

Benzer şekilde Daghino ve arkadaşları (2012) da serpantin toprakların mineral kompozisyonu ile mantar çeşitliliği arasında net bir korelasyona rastlamamışlardır.

Maas ve Stuntz (1969) çalışmalarında serpantin ve serpantin olmayan topraklar mikorizal çeşitlilik açısından kıyaslamış, serpantin topraklarda mikorizal türlerin çok daha yüksek oranda bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Liken-substrat ilişkisinin genelde yakın ve ayrılmaz olmasına rağmen, geçmişte serpantin-liken ilişkisi çok fazla dikkate değer bulunmamıştır. Buna rağmen Rajakaruna ve arkadaşları 2012’de yayınladıkları çalışma ile California’da serpantin ve serpantin olmayan alanlardaki likenleri karşılaştırdığında çok daha farklı ve daha zengin liken topluluklarına serpantin alanlarda rastlamışlardır.

Revejetasyonun başarısı aynı zamanda alanda mikorizal komunitelerin yaygınlığına bağlı olarak da değişebilir. Schechter ve Bruns (2008)’a göre, serpantinli topraklarda gelişen aynı bitki türleri, serpantinli olmayan topraklarda geliştiklerinde farklı mikorizal topluluklar oluşabilmektedir.

Chazeau (1997), New Caledonia’nın serpantin endemizmını ve buradaki hayvan gruplarını incelemiş, bu düşük verimli habitatlarda, düşük rekabet söz konusu iken bitkilerdeki türleşme ile yeni yaşam alanları yaratılarak serpantin vejetasyonunun hayvan grupları üzerinde uyumsal bir fırsat sağladığını belirtmiştir.

Wild 1975, Afrika’daki mound-building termitleri ve serpantin topraklar arasındaki ilişkiyi araştırmış, serpantin toprağın ve vejetasyonun termitlerin üzerindeki etkilerini kaydetmiş, işçi termitlerin vücudundaki Nikel ve Krom konsantrasyonlarının git gide arttığını tespit etmiştir.

Serpantin endemiği hayvan türlerinin büyük bir kısmı serpantin endemiği bitkilerle beslenen herbivorlar olduğu belirtilmiştir.

Boyd (2009)’un yaptığı derlemede, vücudunda yüksek seviyede nikel konsantrasyonu bulunan böceklerden “high-nickel insects” olarak bahsetmiştir.

Meindl ve arkadaşları (2013) serpantin toprağın polenizasyon ve çiçeklenme üzerindeki direk ve indirek etkilerini araştırmak için model bitki olarak *Mimulus guttatus*’u kullanmışlardır.

Rascio ve Navari-Izzo (2011), hiperakümülatörleri de içeren metal akümülatörlerinin fizyolojisinin ve ekolojisinin kapsamlı bir özetini ortaya koymuşlardır. Bitkiler aracılığıyla yapılan metal hiperakümülasyonun evrimini açıklamak için 5 hipotez ileri sürülmüştür. Bunların arasındaki en açıklayıcı hipotez ise herbivor ve patojenlere karşı savunma şeklinde olanıdır.

Metal hiperakümülatörleri bitkilerin dokularında biriken çok yüksek seviyedeki metal konsantrasyonları aynı zamanda herbivor böcekler ve bakteriler gibi diğer organizmalar için habitat teşkil etmektedirler.

Mengoni vd. (2010)'na göre, hiperakümülatör bitkiler, metale karşı dirençli bakteri suşlarının bulunabileceği yüksek metal içerikli habitatlar yaratmak için topraktaki metalleri örtüleri altında biriktirerek, metale dirençli bakterilere niş sağlayabilmektedirler.

Barro Cañamero vd. (2004), Küba serpantin topraklarındaki Lepidoptera'lar ile ilgili bir ön çalışma yapmış ve 17 endemik tür tanımlamıştır. Bitkiler dışında muhtemelen en iyi çalışılmış serpantin endemiği canlı *Euphydryas editha bayensis* (Bay checkerspot kelebeği)'dir.

Bu tez çalışmasında yurdumuzun en önemli edafik endemizm merkezlerinden biri olan serpantin içerikli topraklardan Ankara Elmadağ serpantin serisinde serpantinikol endemizmin ekolojik uyum mekanizmalarının araştırılması ile edafik izolasyona bağlı türleşme ve evrimleşme mekanizmasını açıklamak amaçlanmıştır.

Ankara Elmadağ çevresindeki serpantin seride gelişen serpantinikol türlerin ve toprakların fiziksel-kimyasal analizi ile kompozisyonlarındaki farklılıklar tespit edilerek bu türlerin edafik strese karşı geliştirdikleri uyum stratejileri incelenmiştir.

Serpantinovaglardaki farklılıklar evrimsel ayrışmanın başladığını ve gelecekte bu türlerin edafik izolasyon sonucu yeni türlere evrileceğinin bir göstergesidir.

Edafik izolasyonun divergent evrimin önemli mekanizmalardan olduğu tespit edilmiştir. Serpantinovag tür çiftlerindeki fitokimyasal kompozisyonun karşılaştırılması ile serpantinofit ve serpantin üzerinde gelişen serpantinovagların, serpantin sendromunun yarattığı yoğun stres faktörleri karşısında uzmanlaşarak ekolojik stratejiler geliştirdiği ve edafik uzmanlar haline geldikleri belirlenmiştir. Eğer evrimsel saatin ileri doğru çalıştırıldığı varsayılırsa ileride serpantin üzerinde edafik uzmanlık kazanan bu serpantinovagların türleşmeye maruz kalarak ayrılacağı öngörülmektedir.

Serpantin içerikli topraklar içerdiği elementler ile özel bir edafik ada oluşturduğundan bu adanın oluşumunda etkili tüm parametreler birer stres faktörü olarak ele alınmıştır. Bitkilere yönelik stres faktörleri ile ilgili olarak; tuzluluk, kuraklık, düşük-yüksek sıcaklık, ağır metal stresleri ve mineral eksiklikleri gibi konularda Türkiye’de birçok çalışma olmasına rağmen serpantin içeren toprakların oluşturduğu strese yönelik çalışmalar çok azdır.

Serpantin her ne kadar çeşitli mineralleri içeren bir karışım olsa da bitki ve toprak analizleri yoluyla, bitkilerde stres oluşturma potansiyeli bulunan maddeler belirlenebilir. Bütün bunların yanı sıra serpantin içerikli topraklar üzerinde gelişen bitkiler aynı zamanda Ni, Mg gibi bazı elementler için hiperakümülatör türlerdir. Gelecekte madencilik çalışmalarında fitomining (Bitkiler ile Madencilik) yöntemi gerek ekonomik gerekse ekolojik olması açısından önem kazanacaktır.

Bu araştırma bulguları fitomining çalışmalarına da ışık tutması bakımından ve yurdumuzda bu yönde gerçekleştirilecek ilk çalışmalardan olması bakımından önemlidir.

Gelecekte ülkelerin maddi ve kültürel zenginliklerinden çok biyolojik zenginlikleri önem kazanacaktır. Türkiye’nin floristik çeşitliliğinin korunması için türlerin habitata uyum stratejilerinin kavranması son derece önemlidir.

Tür habitat ilişkileri ortaya konulmadan sağlıklı bir koruma programının oluşturulması söz konusu değildir. Türlerin uyum stratejilerinin ortaya konulması; bu habitatların barındırdığı endemik nadir ve nesli tehdit altında olan türlerin in-situ ve ex-situ koruma çalışmalarına da özellikle uygulayıcı kurumlara ışık tutması açısından son derece önemlidir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ ve KURAMSAL TEMELLER

Serpantin topraklar, bu topraklarda gelişen bitkiler, serpantin içerikli habitatlarla ilgili ekolojik, evrimsel ve uygulamalı modelleme çalışmaları üzerine birçok önemli araştırma yayınlanmıştır.

Proctor ve Woodell (1975) serpantin toprak üzerinde gelişen bitki büyümesini sınırlandıran faktörlerini çalışarak serpantin ekolojisi hakkında ilk derlemeyi yapmışlardır.

Ardından Jaffré (1980), endemizmce zengin olan New-Caledonia'daki serpantin üzerinde gelişen bitkilerin doku konsantrasyonlarındaki ağır metal birikimini belirlemiştir.

Brooks ise (1987) dünya çapındaki serpantin floraları; jeoloji, toprak, bu toprakların bitkiler üzerinde oluşturduğu besinsel ve elementel büyüme sınırlandırıcı stres faktörleri ile bağdaştırarak, bölümlere ayırarak kapsamlı olarak ortaya koymuştur.

1992'de Roberts ve Proctor, Kuzey Amerika, Avrupa, Afrika, Asya ve Avustralya'da bulunan serpantin topraklardaki bitki toprak ilişkisi tanımlayarak Brooks'un (1987) çalışmasını bütünlükte bir çalışma yayınlamışlardır.

Brady vd. 2005 yılında yayınladıkları çalışmalarında adaptasyon ve türleşme üzerinde odaklanarak serpantin topraklarda gelişen bitkilerin ekolojisi ve evrimi üzerine oldukça kapsamlı, konuyla ilgili diğer çalışmalara ışık tutacak nitelikte bir derleme yapmışlardır.

Kuzeybatı Amerika ile sınırlı olmasına rağmen Alexander ve arkadaşları (2007) Kaliforniya ve kuzeybatı Amerika'nın serpantin topraklarının jeolojisi, hidrolojisi, toprak yapısı, biyoçeşitliliği (bakteri, mantar ve bitkileri) ile ilgili ayrıntılı bir çalışma yayınlamışlardır.

Harrison ve Rajakaruna (2011), birçok uzmanın kendi çalışma alanıyla ilgili çıktılarını derleyerek, serpantin odaklı çalışmalarda evrim, jeoloji ve ekoloji üzerine en ağır basan teorik soruların koleksiyonu niteliğinde oldukça değerli bir kitap yayınlamışlardır. Kitap yerkürenin tarihi, evrim, ekoloji, serpantin değeri, serpantinini korumayı vurgulayan ekolojik bir modellemenin yaşam bilimlerindeki multidisiplinel açıdan değerlendirmesini içermektedir.

Serpantin ile ilgili çalışmalar farklı içerikli dergilerde bulunabilir. Çünkü serpantin biyoloji, ekoloji, evrim, koruma, restorasyon, jeoloji, mineroloji, petroloji, jeokimya gibi bir çok alanı içeren mutlidisipliner bir konudur.

Son yıllardaki çalışmalarda, serpantinlerin anlaşılması için serpantin kayaların kökeni, jeodinamiği, minerolojisi, reolojisi (akış bilimi), tektonik önemini keşfetmenin önceliği önem kazanmıştır.

Serpantin anakayalı (Magnezyum silikatın su almasıyla oluşan) alanlardaki topraklar zor ayrıştıkları için sığ ve taşlı topraklar verir. Serpantin topraklar önemli miktarda magnezyum içerir ve bu durum aslında bitkilerin yetişmesi, gelişmesi açısından uygun değildir. Ni, Cr, Co vb. ağır metaller bakımından zengin olan serpantin üzerinde gelişen topraklar yüksek miktarda Mg ve Fe içerirken, Ca, K, P gibi bazı temel besinler açısından fakirdir (Avcı 2005).

Serpantin toprakların fiziksel özellikleri yerden yere önemli ölçüde değişebilir olduğu halde genellikle serpantin topraklar alanda nem kapasitesi düşük açıklıklarda, yüzeysel ve taşlık substratlı dik kayalıklarda bulunmaktadır.

Böyle stres kaynağı edafik koşulların oluşturduğu yoğun baskı nedeniyle, serpantin topraklar türleşme ve serpantin endemizminin evrilmesine yol açmaktadır. Bu durum dünya çapında yüksek endemizm oranına sahip flora ve izole dağılımlar gösteren türleri içeren özgün biotalara katkı sağlamaktadır.

Serpantin toprakların biotası, türleşme ve adaptasyon üzerinde genetik çalışmaların yanı sıra ekolojik ve evrimsel teorilerin gelişimine çok büyük katkıda bulunmuştur.

Serpantin toprakların kurak oluşu organik materyalinin az ve fiziksel yapısının zayıf olmasından kaynaklanmaktadır (Brooks 1987).

Serpantin üzerinde yaşayan bitkiler, olumsuz edafik faktörlere ve yüksek konsantrasyondaki ağır metallere uyum sağlamalıdır (Kruckeberg 1984).

Serpantin toprakların fiziksel şartları birçok bitki türü için uygun değildir, bu durum serpantin alanlarda vejetasyon açısından çok seyrek olan, flora açısından ise çok fazla farklılık gösteren bir tablo ortaya koymuştur (Baker vd. 1992; Batianoff ve Singh 2001).

Zayıf bitki örtüsü erozyonun artmasına sebep olurken toprak sıcaklıklarını da arttırmaktadır. Serpantin topraklarda kum ve kil miktarı çoğunlukla en düşük seviyededir (Brady vd. 2005).

Kruckeberg (1954;1984)'e göre, karakteristik olan serpantin toprak kimyası, sklerofil bitkilerce zengin bodur vejetasyon, düşük tür sayısı ve serpantin endemiklerinin ortaya çıkışında belirleyici özelliğe sahiptir.

Serpantin topraklarda gelişen bitkiler olumsuzluğa sebep olan fiziksel koşullardan dolayı toprağın kimyasal özelliklerinden kaynaklanan strese olduğu kadar kuraklık koşullarına da uyum göstermek zorunda kalmaktadırlar (Proctor ve Woodel 1975; Brady vd. 2005).

Dünyadaki çeşitli sahalarda serpantinler üzerinde gelişen topraklardaki bitki örtüsü gelişimi bu maddeler zehir etkisine neden olduğu için olumsuz yönde etkilenir. Fakat bazı bitkilerin alana uygun adaptasyon geliştirmiş, özelleşmiş ve yayılmış oldukları belirtilmiştir.

Serpantin kayaçların bulunduğu alanlar endemik bitkilerce zengindir ve bu durum da ‘‘jeolojik izolasyon’’ olarak açıklanmaktadır. Jeolojik adalar’’ veya ‘‘edafik adalar’’ olarak serpantin habitatları diğer toprak çeşitleri arasında yerini almaktadır. Ekstrem edafik koşullara genetik açıdan adapte olmuş kimi bitkilerin bu topraklar üzerinde yayıldığı belirtilmektedir (Kantarıcı 1987; Reeves vd. 1999; Kruckeberg vd. 1999; Adıgüzel ve Reeves 2002).

Wallace (1858) ve Darwin (1859), ‘‘*Adaptasyon, evrimin doğal seleksiyon tarafından atılan imzasıdır*’’ görüşünü ortaya atmış ve bu farklı çevrelere geliştirilen adaptasyonun yeni türlerin ortaya çıkması ile sonuçlandığını belirtmişlerdir.

Adaptif evrimin Dünya’nın farklı biotasının şekillenmesinde önemi tartışılmaz olduğu konusunda hemfikir olduğumuz halde, kendi doğal habitatlarında yaşayan organizmaların süreçlerini anlamakta oldukça yüzeysel kalmaktayız (Schluter 2001).

Wallace (1858)’a göre farklı toprak tiplerine bitki adaptasyonu ekolojik kesiklikler tarafından dayatılan güçlü bir doğal seleksiyon kanıtıdır. Birçok edafik uzmanlaşma örnekleri arasında serpantinli topraklara bitki adaptasyonu, evrimsel ekoloji çalışmaları için ideal olup doğadaki adaptif evrim sorularına cevap vermek için önemli gereksinimleri karşılayacak niteliktedir.

Serpantin ile yakından ilişkili bitkilerin farklılaşma adaptasyonu, filogenetik ve coğrafik açıdan ‘‘normal’’ topraklardan bağımsız olup çok daha fazla gelişmiştir. Bitkilerin adaptif fenotiplerindeki ayrışma karşılıklı olarak nakilleri yoluyla kolaylıkla ortaya konmuştur. Doğal seleksiyon faktörleri, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, alanda, seralarda ve laboratuvarında manüplatif deneylere yatkındır.

Serpantin toleransının fizyolojik mekanizmaları bütün bitki düzeyinde tanımlanmıştır. Bu çalışmalar da daha alt organizasyonlar bazında adaptasyonun keşfi (dokusal, hücresel ve genetik) için ipucu sağlamaktadır (Brady vd. 2005).

2.1 Toprakların ve Bitkilerin Kimyasal Kompozisyonu

Toprağın orijini yer kabuğu olup yer kabuğundaki primer kayaların parçalanmasıyla toprak ana materyali oluşmaktadır. Toprak ana materyalinin ileri düzeyde değişmesiyle ise toprak oluşmaktadır.

En geçerli tanımı ile toprak; 'Yerküreyi örten, bitkilere durak ve gıda sağlayan, çevreye bağlı niteliklerini iklim ve canlı organizmaların ana materyale etkisiyle oldukça uzun zaman içinde kazanmış doğal varlıklar topluluğudur'.

Toprak ana materyali 4 ana gruba ayrılmaktadır;

- a) Volkanik kül, tebeşir gibi yumuşak kayalardan oluşanlar,
- b) Püskürük, çökelti veya metamorfik gibi sert kayalardan oluşanlar,
- c) Parçalanıp dağılarak toprağı oluşturmadan evvel ilk buldukları yerden taşınmış olanlar,

c.1) Su ile taşınanlar (Alüvyum, kolüvyum, laküstrin yığıntıları, marin çökeltileri)

c.2) Rüzgar ile taşınanlar (lösler, eolin kumulları)

c.3) Buzullar ile taşınanlar (glasiyal ve till)

d) Organik materyalden oluşanlar (peat).

Bir toprağın özelliği toprağın oluşum aşaması öncesinde veya sonrasında volkanik işlevler, erozyon, su baskını, antropojenik etkilerle birlikte devamlı değişmektedir. Bu yanıyla toprak dinamik ve açık bir sistemdir.

Bir ekosistemi kimyasal açıdan izlerken tek başına bitki örneklerinin kompozisyonu yeterli olmamaktadır. Toprak analizleri yardımı ile söz konusu bitkilerin geliştiği topraklardan alınan örneklerin özelliklerinin incelenmesi ve birlikte yorumlanması en ideal yaklaşım şeklini oluşturmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Yarı kurak ve kurak bölgelerin topraklarında kirece yer yer kalsit (CaCO_3) yer yer dolomit formunda ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) diğer bölgelere nazaran daha fazla rastlanmaktadır. Her ne kadar kalsiyumun bitkilerin gelişimi açısından büyük önemi varsa da asit reaksiyonlu topraklardaki kirecin miktarına göre ortaya çıkardığı etki çok daha yoğundur. Örneğin Al, Fe ve Mn içeriğinin yüksek olduğu asit reaksiyonlu düşük pH'lı topraklarda fosforun yarayırlılığı bu elementlerle girdiği tepkimelerden ötürü azalmaktadır. Kirecin birikmesi bitkilerde P, Zn, Fe gibi kimi besin maddelerinin eksikliğine neden olmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Toprak asitliğinin bir göstergesi olan H iyonları toprak çözeltisinde çözülmüş veya toprak kompleksleri üzerinde adsorbe edilmiş halde bulunmaktadır. Bu H iyonları arasında daimi bir denge söz konusudur.

Topraklar üzerinde gelişen bitkilerin gelişimleri ve kimi bileşiklerin çözünürlükleri, iyonların bağlanma güçleri ortamın pH'sı veya H iyonları ile doğrudan ilişkilidir (Kacar ve İnal 2008).

Yarı kurak ve kurak iklimlerde toprak tuzluluğu büyük önem taşımaktadır. Yıllık buharlaşma ve terleme yoğunluğunun yıllık yağış yoğunluğundan büyük olmasıyla tuzluluk meydana gelmektedir.

Topraktaki tuz konsantrasyonu doymuş eriyiğin elektriksel iletkenliğinin ölçümü ile belirlenmektedir. Elektriksel iletkenlik elektriksel direncin karşılığıdır. Toprak tuzluluğu, topraktaki bitkinin kullanımına hazır olan suyu azaltmaktadır. Tuzlulukla beraber toprak su tutma kapasitesi düşmektedir (Kacar ve İnal 2008).

Tuzluluk bitkiler üzerinde stres yaratmaktadır. Tuz uygulanan ve uygulanmayan *Zea mays* L. çeşitleri kıyaslandığında tuz stresine maruz bırakılan çeşitlerde P ve Mn içerikleri artarken, K içeriği azalmış; Fe, Cu ve Zn içerikleri ise çeşitlere değişim göstermiştir (Taban vd. 1999).

“Taze ya da farklı düzeylerde çözünmüş bitki, mikroorganizma, hayvan kalıntıları ve atıklarla beraber kısmen humus içeren toprağın organik fraksiyonu” olarak tanımlanan toprak organik maddesinin miktarı üzerine vejetasyon, iklim, topoğrafya gibi unsurlar etki etmektedir. Organik madde toprak taneciklerinin agregat oluşturmasını ve dayanıklılığını sağlamaktadır. Toprağın iyon değişim kapasitesini ve su tutma kapasitesini artırır, toprağa tamponluk kazandırır ve toprağın havalanmasını sağlar. Ayrıca toprağın organik maddesi toprak pH’sı üzerine olumlu etki yaparken bitki besin maddeleri deposu vazifesi görmektedir. Topraktaki organizmalar için de besin ve enerji kaynağı teşkil etmektedir (Kacar ve İnal 2008).

Organik C bitki ve hayvan kalıntıları, mikroorganizmalar, kök sızıntıları ve toprak biyotasının çözünmesiyle toprağa girmekte olup toprak mikroorganizmaları için temel enerji kaynağıdır. Proteinlerin, yağların, karbonhidratların ve nükleik asitlerin temel bileşeni olup fotosentezde de kullanılmaktadır (Bolat ve Kara 2017).

Toprak tekstürü (bünyesi), topraktaki minerallerin tanecik büyüklüğüne bakılarak toprak kütleindeki miktar ve dağılışıdır. Bir diğer deyişle toprağın tekstürü o toprağı oluşturan fraksiyonların nisbi oranlarını içermektedir. Başlıca 3 ana gruba ayrılan topraklar daha detaylı sınıflandırıldığında 12 tekstür grubuna ayrılmaktadır.

Bazı elementler ise bitki gelişiminde mutlak gereklidir. Bu elementlerin yokluğu bitkinin gelişimini geriletip sonunda durmasına sebep olmaktadır. Bir elementin bitkide bulunuş miktarı, bitkide azdan çoğa değişen oranlarda bulunması o elementin bitkideki fiziksel ve kimyasal işlevi ile ilgilidir. Bitkilerde bulunan elementlerin miktarı bitkinin gelişim gücü ve toprağın besin maddesi içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple bitkinin tamamının ya da belli bir organının element içeriğini ortaya koyan analizler büyük önem taşımaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Bitkideki elementler arasındaki etkileşim, bir diğer adıyla interaksiyon, bitkilerin gelişimini derinden etkilemektedir. Elementlerin karşılıklı olarak fizyolojik etkilerinin azaltılması “*antagonizm*”; artırılması ise “*sinerjizm*” olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, artan miktarlar halinde N’a maruz kalan topraklarda yetişen bitkilerde P, K, S,

Ca, Mg alımını azalttığı, gelişme ortamında bulunan P, Zn, Cu ve Mn'in ise yararılı Fe miktarını negatif etkilediği tespit edilmiştir (Bolat ve Kara 2017).

Bitkilerdeki hareketlilik durumlarına göre elementler hareketli (mobil) ve hareketsiz (immobil) elementler olarak ikiye ayrılmıştır. N, P, K, Mg, Cl, Na, Zn, Mo '*mobil elementler*' sınıfına girerken; Ca, S, Fe, B, Cu '*immobil elementler*' sınıfında yer almaktadır.

Araştırılan belirli besin elementi noksanlığı nedeniyle gelişmenin azalmaya başladığı zamanda örnek alınan bitki organında tespit edilen elementin miktarına '*kritik konsantrasyon*' adı verilmektedir.

Bitki analizlerinde ilk temel basamak yakmadır. Bitki örneklerinin yakılması ile organik bileşikler oksitlenerek parçalanarak uzaklaştırılır ve bir derece daha oksitlenmeyen madde anlamına gelen küle dönüştürülür.

Bitkide en fazla kül yaprakta belirlenmiştir. Bitki külünün neredeyse tamamı gelişim ortamından bitkilerin almış oldukları mineral elementlerden oluşmakta olup karbon, hidrojen ve oksijen içermemektedir.

N, P, K, Na, Mg, Cl, Zn, Mo gibi elementler mobil olup bitkideki kullanımından sonra bitkinin başka kısımlarına taşınabilirler; Ca, S, Fe, B, Cu gibi elementler ise immobil olup kullanımlarından sonra diğer kısımlara taşınamamaktadırlar.

Azot, bitki büyümesini kontrol etmede büyük rol oynayan, kıtlığı en çok çekilen maddelerden biridir. Toprağın ana kayasında ve ana kayadan gelen anorganik ana materyalde azot bileşikleri olmadığından azotun tabiattaki rezervi atmosferdir. Ayrıca hidrosferde ve canlılarda da önemli miktarda azot bulunmaktadır. Topraktaki N'un ana kaynağı ise organik maddedir (Çepel 1996; Kantarcı 2000; Boşgelmez vd. 2001).

Topraktaki organik madde ile azot doğru orantılı olup azot eksikliği sık rastlanılan bir problemdir. Türkiye’de de genellikle toprakların organik madde miktarı düşük olduğu için topraklar azot bakımından ciddi oranda fakirdir (Bolat ve Kara 2017).

Proteinlerden nükleik asitlere kadar birçok organik bileşiğin bileşeni olan N, bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda adeta bir lokomotif rolü oynamaktadır. Aynı zamanda azot, klorofil molekülünün temeli olmasıyla; hücre duvarının yapı maddesi olmasıyla ve birçok enzimde bulunması sebebiyle de çoğu metabolik tepkimede başrolde yer almaktadır. Bitkilerin toplam ağırlığının büyük kısmı azotlu bileşikler tarafından oluşturulmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Klorofil ve protein sentezinde önemli rol oynamakla birlikte çiçek ve meyve oluşumu, zararlılara karşı direnç, yeni hücre sentezi, vejetatif gelişim konusunda da azot miktarı önemli bir parametredir (Kantarıcı 2000; Fageria 2009).

Türlerin azot içerikleri genotiplerine ve çevre koşullarına dayalı olarak değişebilmektedir. Genç bitkilerde azota olgunluk dönemine nazaran daha yüksek oranda rastlanmaktadır. Bunun sebebi ise, olgunluk döneminde proteine göre karbonhidratın daha fazla birikme eğiliminde olması olarak açıklanmaktadır. Su ve ortam sıcaklığının noksanlığı, besin elementlerinin yetersizliği gibi olumsuz dış etkenler söz konusu olduğunda bitkinin N miktarı artmaktadır. Bitkide N noksanlığı; P, K noksanlığı ve düşük nitrifikasyon oranı sebebiyle görülebilirken fazlalığı diğer bitki besin maddelerinin eksikliğinden kaynaklanabilmektedir (Kacar ve İnal 2008).

Toprakta P kaynağı apatittir. Fosfor, genellikle mikaşistler vb. şistlerde az; bazalt vb. bazik magmatik kayalarda daha fazladır. Kayaçların ufalanması, minerallerin ayrışması sonucu fosfor serbest hale geçerek bitkilerin kullanımına uygun hale gelmektedir. Ayrıca topraktaki organik maddede de fosfor bileşikleri bulunmaktadır (Çepel 1996; Kantarıcı 2000).

Gelişme ortamında fosfor bulunmayan hiçbir canlı yaşamını devam ettirememektedir. Bitkiler, tüm canlılar için olmazsa olmaz bir element olan fosforu, yalnızca kökleriyle değil toprak üstü organları ile, özellikle de yaprakları ile elde etmektedir. Köke giren inorganik P bileşikleri ya kökte depo edilmektedir ya da bitkinin tepe organlarına taşınmaktadır.

Farklı kimyasal reaksiyonlardan sonra inorganik P; proteinler, enzimler ve nükleik asitler gibi çeşitli organik bileşiklere dönüşmektedir. Bitkiler ATP, DNA, şeker ve nükleik asit oluşumunda, hücre bölünmesinde, olgunlaşmada, suyun efektif alınımında fosfora gereksinim duymaktadırlar.

Bitkilerdeki P alımını, içeriden ve dışarıdan etki eden tüm faktörler belirlemektedir. Kuraklık, fazla nem ya da ekstrem sıcaklıklar P alımını etkilemektedir. Zaman geçtikçe bitkide kuru madde miktarı artmakta ve bu durumun getirisi olarak zamanla P miktarı azalmaktadır. Bu sebepten ötürü bitkinin genç organlarında daha çok P bulunmaktadır.

Bitkide P noksanlığı; N, K noksanlığı, Zn fazlalığı, düşük pH (<5.5), yüksek pH (>7.2), nem fazlalığı sebebiyle görülmekte olup generatif organlara zarar verip gelişimi inhibe edici etki yaratmaktadır. Fosfor fazlalığı ise bitkilerin fosforca zengin topraklarda yetişmesinden kaynaklanabilmekte olup Zn, Fe, Ca, Mn, Cu gibi elementlerin eksikliğine sebep olabilmektedir.

Potasyum birçok enzim ve koenzimin çalışmasında, fotosentez, protein ve nişasta sentezi ile şeker transferinde bitkiler tarafından kullanılmaktadır. Bitkinin su dengesini sağlamasını kolaylaştırarak kuraklığa karşı dayanıklılığı sağlamaktadır. Yaz kuraklığına ve donlara karşı dayanıklılıkta olumlu etkiler sağlamaktadır. Klorofilin yapısında yer almamakla beraber oluşumunda rol oynamaktadır. Stoma hareketlerinde ve kökün su çekişinde etkin bir rol oynamaktadır. Topraktaki aşırı N'un getirdiği olumsuz etkileri engellemektedir. Toprakta K'un fazlalığı N ve P'un aksine bitkilerde olumsuz bir etki oluşturmamaktadır. Diğer yandan fazla K'un bitkilerin Mn alımını negatif etkilediği tespit edilmiştir (Brady 1990; Kantarcı 2000).

Toprakta alınabilir halde bulunan K miktarına, bitkilerin türlerine, gelişme durumlarına, uygunluk derecelerine, topraktaki diğer katyonların tür ve miktarlarına göre bitkide bulunan K içeriği değişim göstermektedir.

İhtiyaç duyulan K miktarının çoğu vejetatif gelişme döneminde alınmaktadır. Bitkide K noksanlığı; Ca+Mg miktarının fazlalığı, fazlalığı ise Ca+Mg miktarının eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Topraklarda mevcut olan Ca içeriğine göre ve bu duruma bitkilerin gösterdikleri adaptasyonlara göre bitkiler '*kalsikol*' ve '*kalsifüj*' olarak adlandırılmaktadır. Kalsikol bitkiler Ca bakımından zengin yüksek kireçli alkalın tepkimeli topraklarda gelişimlerini sürdürebilirken kalsifüj bitkiler Ca bakımından fakir düşük asit tepkimeli topraklarda yetişebilmektedir.

Kalsiyum iyonları, granülasyonunu pekiştirerek toprak strüktürünü gelişmesini sağlamaktadır ki bu durum verimliliği arttırmaktadır. Ca, toprak pH'sını ayarlamaktadır. Ca bitki ve topraktaki toksik maddelerin çökmesini sağlamaktadır. Ca bitkilerde kök salgısı üzerinde etkili olup aynı zamanda bitki dokularını donma ve çözünme stresine karşı korumaktadır. Eğer bitki yeterince Ca'a sahip ise hastalıklara karşı daha dayanıklı olmaktadır. Ayrıca bitkilerde protein oluşumunda ve karbonhidratların taşınmasında Ca önemli rol oynar (Bolat ve Kara 2017).

Bitkide Ca noksanlığı pH düşüklüğü, düşük değişim kapasitesi, K fazlalığı, N, Na, Mg fazlalığından; bitkide Mg noksanlığı ise yine pH düşüklüğü, K, Ca, Mn fazlalığından ileri gelmektedir.

Tüm canlılar için önemli bir besin elementi olan Mg'un eksikliği durumunda '*hipomagnesia*' adı verilen Mg noksanlığı oluşmaktadır. Mg bitkilerin yaprak ve tohumlarında öteki organlara nazaran daha fazla bulunmaktadır.

Mg, klorofilin merkez atomu olup fotosentezde hayati rol oynamakta ve de ATP üretimine yardımcı olmaktadır. Protein sentezinde de görev alan Mg başta P olmak şartıyla diğer elementlerin alımında da rol oynamaktadır. Eksikliğinde direkt olarak klorofil miktarı azalır, fotosentez olumsuz etklenir. Bitkide gelişme geriliği ve verimsizlik oluşur. Toprakta yoğun bulunan H, K, Ca gibi elementler eksikliğine sebep olabilmektedir. Mg yüksekliği diğer katyonların eksikliğine ve oranlarının dengesizliliğine, dolaylı yoldan da verimsizliğe sebep olmaktadır (Kantarıcı 2000).

Tüm canlıların büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynayan Fe bitkilerde sezon başında hızlı gelişme ile birlikte ani bir şekilde artmaktadır. Gelişim yavaşladıkça bitkinin Fe içeriğindeki artış da yavaşlamaya başlayarak mevsim sonunda stabilize olmaktadır.

Fe, solunum ve fotosentezde büyük önem taşıyan bir role sahiptir. Birçok enzimi aktive ederek birçok biyokimyasal reaksiyonun katalizlenmesini sağlamakta aynı zamanda klorofil üretimini doğrudan etkilemektedir. Bitkide Fe noksanlığı, Ph yüksekliği, P, Zn, Cu, Mn bulunması ile; fazlalığı ise topraktaki Zn miktarının azlığı ile açıklanabilmektedir.

Mangan çoğu mineralin yapısında mevcut olup silikat minerallerinden köken almaktadır. Mn içeriğine, mikaşistler ve serpantinlerde daha çok rastlanmaktadır. Bitkilerdeki Mn içeriği bitkinin türüne, genotipine, ekosistemin sahip olduğu dış faktörlere göre değişmekte olup aynı zamanda bitkinin yaşıyla beraber azalma göstermektedir.

Kloroplastlar Mn eksikliğine karşı en hassas olan organeldir. Mn noksanlığı genelde kireçli ve pH'ı yüksek topraklarda görülürken bu noksanlığı yaşayan bitkilerde hücreler küçülerek hücre duvarı baskın hale gelmektedir.

Bitkide Mn noksanlığı sebepleri olarak alkalın veya kireçli toprak yapısı, nem içeriğinin fazla olması, düşük organik madde içeriği, P, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu'ın fazla miktarda

bulunması, $pH > 7$ olmasından dolayı yarayışı Mn miktarının az olması sayılabilmektedir. Fazlalığı ise pH düşüklüğü ve P fazlalığı ile açıklanabilir.

Bitki türüne ve yaşadığı ortama göre değişim gösteren Zn miktarı bitkinin çeşitli organlarında farklı olarak tespit edilmektedir. En çok Zn içeriğine kökte rastlanmakta olup gövdede en çok birikim nodyumlarda görülmektedir. Oksin hormonunun üretimi için gereksinim duyulan Zn'nun, internodun uzaması için oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir. Genç organlarda nispeten Zn daha çok bulunmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Bitkide Zn noksanlığı, P fazlalığı, kireçli alkalın toprak varlığı, pH'nın > 5.5 olması, asitli toprakların aşırı kireçlenmesi, toprağın çeşitli nedenlerle sıkıştırılmış olması, Fe, Cu, B, Mn'in fazla bulunması ile açıklanırken fazlalığına neden olarak rizosfer pH'nın asidik olması gösterilmektedir.

Bitkilerin Cu içerikleri genellikle diğer elementlere göre düşük olup analiz edilen organa, bitkinin yaşına, ortamdaki yarayışı Cu miktarına ve çevre koşullarına bağlı bulunmaktadır. Bitkide Cu noksanlığı, kireçli alkalın toprak varlığına, toprak sıcaklığına, tekstürüne ve nemine, gereğinden fazla N, P, Ca, Zn, Al varlığına bağlı olarak gözlenmektedir.

Bitkinin Ni'e en çok gereksinim duyduğu aşama tohumun çimlenme aşamasıdır. Diğer yandan Ni, üreaz ve hidrogenaz enzimlerin metal kısmını teşkil etmektedir.

Ni, bitkilerde kolay taşınabilen bir element olup en çok birikimi yaprak ve tohumlarda göstermektedir. Bitkideki Ni miktarını topraktaki yarayışı Ni, bitkinin türü, bitkinin aksamı, mevsim ve çevre koşulları etkilemektedir.

Bitkilerin Co içeriği toprak tekstürüne, bitkinin fizyolojik ve biyolojik gereksinimlerine, bitkinin türüne ve genotipine, bitki aksamına, topraktaki yarayışı Co miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Co yüksek bitkiler için mutlak gerekli bir element

olmadığı bilinmekle beraber *Fabaceae* familyası üyeleri tarafından havanın bağımsız azotunun (N₂) fiksasyonunda gerekli olduğu bilinmektedir (Kacar 2014).

Cr, dünyada en fazla bulunan toksik elementlerden biri olup membran zararlarına, organellerde yapısal bozulmalara, metabolik aktivitede değişimlere ve büyümede inhibisyona sebebiyet vermektedir.

Bitkiler için toksik olduğundan Cr alınımı için spesifik bir mekanizma mevcut değildir. Cr alınımı bitki için zorunlu diğer metallerin alınımındaki taşıyıcılar ile sağlanmaktadır. Bitkide tohum çimlenmesini, kök hücrelerinin bölünmesini, kök gelişimini engeller ve verim ile kaliteyi azaltır (Kimbrough vd.1999).

3. MATERYAL VE METOD

Çalışma materyalini seçilen türlerin vejetasyon dönemlerinin sonunda yapılan araziler sonucu alınan bitki ve toprak örnekleri oluşturmaktadır.

Fenolojik gelişim basamakları da göz önünde bulundurularak bitkilerin toplanmasında ve toprak örneklerinin alınmasında vejetasyon döneminin sonu seçilmesine özen gösterilmiştir. Bitki ve toprak örnekleri araştırma alanını temsil edecek şekilde toplanmıştır.

Örnekler karşılaştırma yapmak amacıyla hem serpantinli topraklar üzerinden hem de marnlı ve kalkerli topraklar üzerinden alınmıştır. Serpantin üzerinde gelişen türlerden alınan örnekler Ankara Elmadağ civarındaki mineral içeriği önemli olan serpantin seriden; serpantin dışında (marn, kalker) gelişen türlerden alınan örnekler ise Ankara Ayaş'taki Ayaşbeli ve Ulupınar Köyü'nden toplanmıştır.

Toplanan bitki örneklerinden temsili olarak seçilen örnekler kurutulup herbaryum materyali haline getirilmiştir. Bitkilerin teşhisinde Davis (1965, 1988)'in "Flora of Turkey and The East Aegean Islands" adlı eserinden yararlanılmıştır.

Teşhiste ayrıca Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Herbaryumu'ndan (ANK) faydalanılmıştır. IUCN tehdit kategorileri için ise Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'ndan yararlanılmıştır (Ekim vd. 2000). Toplanan örnekler kurutulup herbaryum materyali haline getirilerek Herbaryum ANK'da korunmaktadır.

İklim özelliklerini açıklayabilmek için çalışma alanına ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü arşivlerinden temin edilerek biyoiklim katları Emberger'in Akdeniz Bölgesi için geliştirdiği $Q=2000.P/(M^2-m^2)$ formülü ile kurak mevsimi tanımlamak için $S=PE/M$ formülüne göre biyoiklim katları Akman ve Dağet (1971)'den yararlanılarak belirlenmiştir.

Araştırma bölgesinin jeolojisi ile ilgili bilgiler, MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi Başkanlığı'ndan edinilen, çalışma alanının yer aldığı pafta ve raporlardan yola çıkılarak hazırlanmıştır.

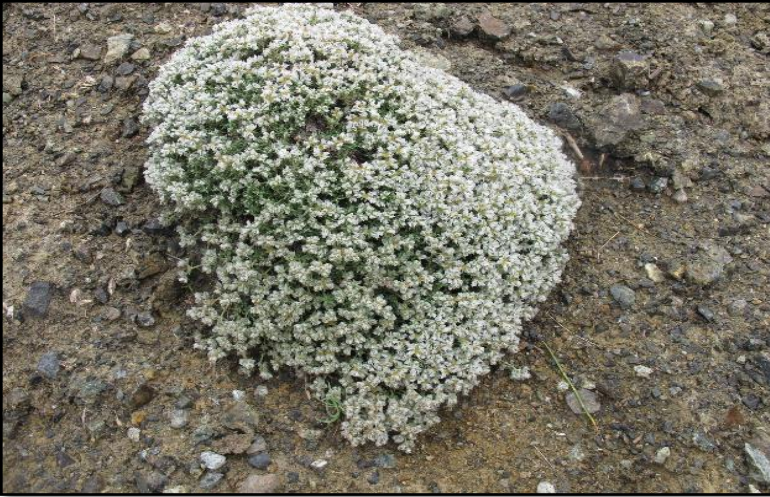
Araştırma alanının toprak özellikleri T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü CBS Birimi'nden edinilen 'Büyük Toprak Grupları haritası' aracılığıyla tanımlanarak ortaya konulmuştur.

3.1 Araştırma materyalleri

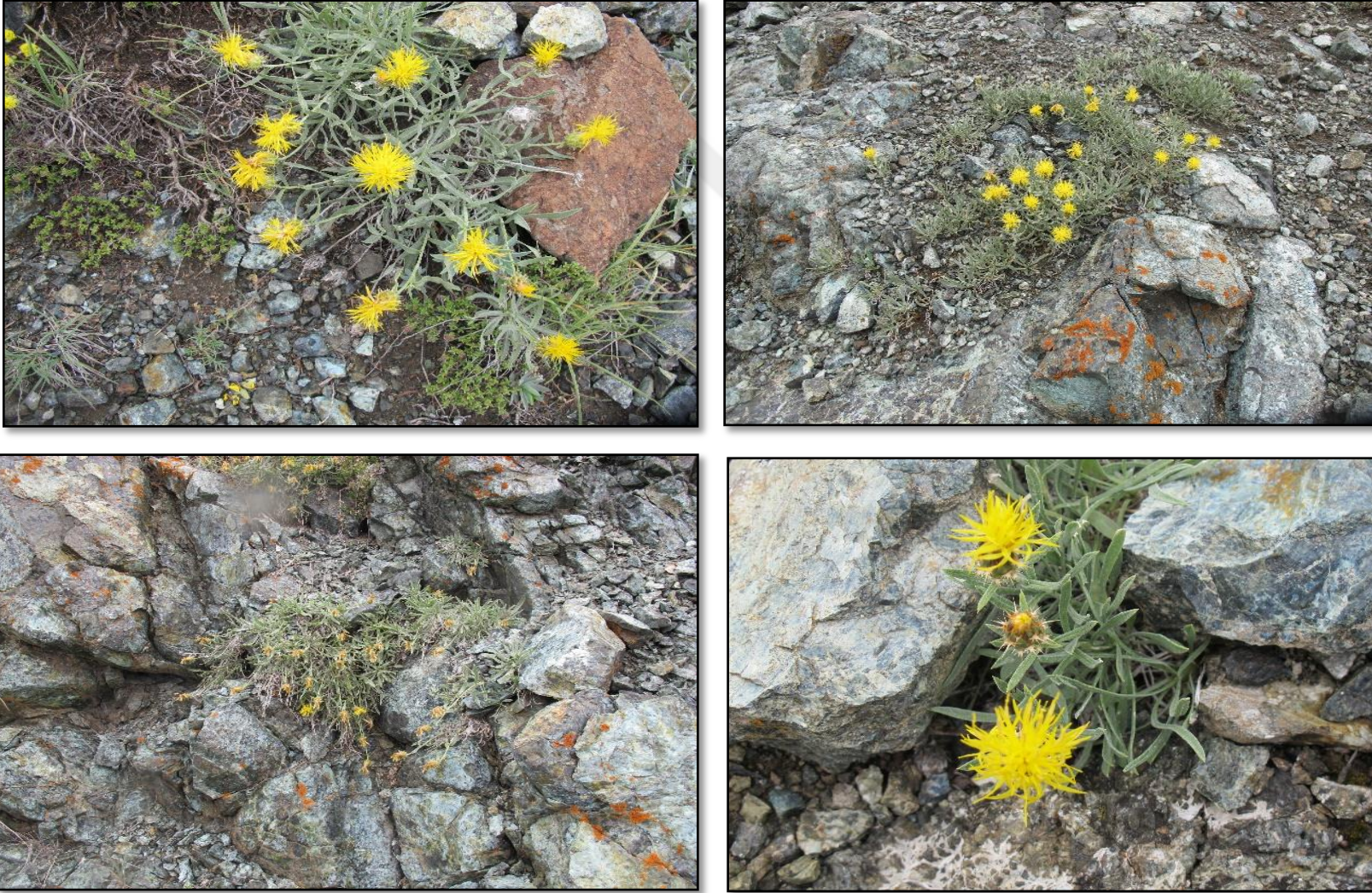
Analizler için bir adet serpantinofit tür ile, beş adet serpantinovag tür çifti seçilmiştir. Seçilen toplamda altı türün dördü endemiktir.

Serpantinofit tür olarak *Paronychia angorensis* Chaudhri (Şekil 3.1); serpantinovag türler olarak da *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (Dc.) Wagenitz (Şekil 3.2), *Scorzonera tomentosa* L. (Şekil 3.3), *Alyssum pateri* Nyar. subsp. *pateri* Nyar. (Şekil 3.4), *Globularia orientalis* L. (Şekil 3.5) ve *Rhamnus rhodopea* Velenovsky (Şekil 3.6) seçilmiştir.

Çalışma materyalini oluşturan taksonlar ve istasyon bilgileri çizelge 3.1'de; taksonların özellikleri çizelge 3.2'de; IUCN tehdit kategorileri çizelge 3.3'de; taksonların yayılışı ve stratejik formları çizelge 3.4'te; taksonların ekolojik künyeleri çizelge 3.5'te; bitki örneklerinin kodları çizelge 3.6'da sunulmuştur.



Şekil 3.1 Serpantinofit tür *Paronychia angorensis* Chaudhri



Şekil 3.2 Serpantinovag tür *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (Dc. Wagenitz)



Şekil 3.3 Serpantinovag tür *Scorzonera tomentosa* L.



Şekil 3.4 Serpantinovag tür *Alyssum pateri* Nyar. subsp. *pateri* Nyar



Şekil 3.5 Serpantinovag tür *Globularia orientalis* L.



Şekil 3.6 Serpantinovag tür *Rhamnus rhodopea* Velenovsky

Çizelge 3.1 Çalışma materyalini oluşturan taksonlar ve istasyon bilgileri

Takson	Lokasyon	Tarih	Yükseklik	Koordinat
<i>Paronychia angorensis</i> Chaudhri	-Beynam Ormanı girişi, alt yamaçlar	04/07/2017	1386 m	N 39° 40' 39. 1" E 032° 54' 37. 3"
<i>Scorzonera tomentosa</i> L.	-Beynam Ormanı girişi, sağ koldaki tepeler	21/06/2017	1359 m	N 39° 40' 43. 29" E 032° 54' 29.89"
	-Aysantı Beli, Ayaş	03/07/2018	1155 m	N 40° 05' 32. 8" E 032° 25' 59. 6"
<i>Centaurea drabifolia</i> Sm. subsp. <i>cappadocica</i> (DC.) Wagenitz	-Beynam Ormanı'na çıkan yol kenarındaki tepeler	04/07/2017	1298 m	N 39° 40' 53. 7" E032° 54' 37. 6"
	-Ulupınar Köyü, Ayaş	03/07/2018	1121 m	N 40° 04' 40. 4" E 032° 22' 59. 1"
<i>Alyssum pateri</i> Nyar. subsp. <i>pateri</i> Nyar.	-Beynam Ormanı içi	04/07/2017	1419 m	N 39° 40' 21. 0" E 032° 54' 15. 7"
	-Ulupınar Köyü, Ayaş	03/07/2018	1121 m	N 40° 04' 40. 4" E 032° 22' 59. 1"
<i>Globularia orientalis</i> L.	-Beynam Ormanı Girişi	02/07/2018	1356 m	N 39° 40' 40. 1" E032° 54' 31. 9"
	-Aysantı Beli, Ayaş	03/07/2018	1155 m	N 40° 05' 32. 8" E 032° 25' 59. 6"
<i>Rhamnus rhodopea</i> Velenovsky	-Deliler Köyü	02/07/2018	893 m	N 39° 45' 47. 3" E 033° 12' 46. 5"
	-Ulupınar Köyü, Ayaş	03/07/2018	1121 m	N 40° 04' 40. 4" E 032° 22' 59. 1"

Çizelge 3.2 Çalışma materyalini oluşturan taksonların özellikleri

Takson	Familya	Substrat*	Endemizm	IUCN kategorisi**	Koroloji	Ulusal Adı
<i>Paronychia angorensis</i> Chaudhri	Caryophyllaceae	S	+	VU	İran-Turan Elementi	Ankara yaranı
<i>Scorzonera tomentosa</i> L.	Asteraceae	S M-K	+	LR(lc)	İran-Turan Elementi	Alabent
<i>Centaurea drabifolia</i> Sm. subsp. <i>cappadocica</i> (DC.) Wagenitz	Asteraceae	S M-K	+	LR (lc)	Bilinmeyen	Peri Sarıbaşı
<i>Alyssum pateri</i> Nyar. subsp. <i>pateri</i> Nyar.	Brassicaceae	S M-K	+	LR(lc)	İran-Turan Elementi	Kanatlı kekke
<i>Globularia orientalis</i> L.	Plantaginaceae	S M-K	-	-	İran-Turan Elementi	Küre çiçeği
<i>Rhamnus rhodopea</i> Velenovsky	Rhamnaceae	S M-K	-	-	-	Balkan cehrisi

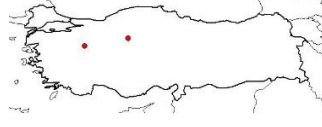
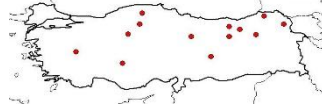
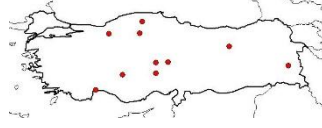
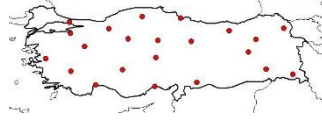

*Substrat: S=Serpantinli toprak üzerinden; M-K=Marnlı-Kalkerli toprak üzerinden, Serpantin dışı

**IUCN Tehdit Kategorileri (Çizelge 3.3)

Çizelge 3.3 IUCN Tehdit Kategorileri (Ekim vd. 2000)

IUCN Tehdit Kategorileri	Açıklaması
EX	Tükenmiş
EW	Doğada tükenmiş
CR	Çok tehlikede
EN	Tehlikede
VU	Zarar görebilir
LR	Az tehdit altında
-LR (cd)	-Koruma önlemi gerektiren
-LR (nt)	-Tehdit altına girebilir
-LR (lc)	-En az endişe verici
DD	Veri yetersiz
NE	Değerlendirilemeyen

Çizelge 3.4 Taksonların yayılışı ve stratejik formları

Taksonlar	Yayılış Haritası	Stratejik Form
<i>Paronychia angorensis</i> Chaudhri		Serpantinofit
<i>Scorzonera tomentosa</i> L.		Serpantinovag
<i>Alyssum pateri</i> Nyar. subsp. <i>pateri</i> Nyar.		Serpantinovag
<i>Globularia orientalis</i> L.		Serpantinovag
<i>Rhamnus rhodopea</i> Velenovsky		Serpantinovag

Çizelge 3.5 Taksonların ekolojik künyeleri (Davis 1965, 1988'e göre)

Takson	Habitat	Grid Sistemindeki Lokasyonu	Hayat Formu	Geliştiği yükseklik	Çiçeklenme Zamanı
<i>Paronychia angorensis</i> Chaudhri	Step	B2, B4	Hemikriptofit	1100 m	Haziran-Temmuz
<i>Scorzonera tomentosa</i> L.	Step, kayalık yamaçlar, uçurumlar	A4, A5, A6, A7, A8, A9, B2, B3, B4, B6, B7, B8, C3, C4	Hemikriptofit	800-2600 m	Haziran-Ağustos
<i>Centaurea drabifolia</i> Sm. subsp. <i>cappadocica</i> (DC.) Wagenitz	Step, kayalık yamaçlar, çalılıklar	A5, A6, B6, B7, C2, C3, C4	Kamefit	1300-2600 m	Haziran-Ağustos
<i>Alyssum pateri</i> Nyar. subsp. <i>pateri</i> Nyar.	Step	A3, A4, B3, B4, B5, B6, B7, B9, B10, C3, C4, C5	Hemikriptofit	500-3000 m	Mayıs-Haziran
<i>Globularia orientalis</i> L.	Step	A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C9	Kamefit	200-2470 m	Nisan-Temmuz
<i>Rhamnus rhodopea</i> Velenovsky	Kayalıklar	A1, A2, A3, A4, A5, B2, B3, B4, C3	Nanofanerofit	100-900 m	Mayıs

Çizelge 3.6 Bitki örnekleri ve kodları

Takson	Substrat	Kod
<i>Pa: Paronychia angorensis</i> Chaudhri	Serpantin üstü	Pa
<i>St: Scorzonera tomentosa</i> L.	Serpantin üstü	StS
	Serpantin Dışı	StD
<i>Cd: Centaurea drabifolia</i> Sm. subsp. <i>cappadocica</i> (DC.) Wagenitz	Serpantin üstü	CdS
	Serpantin Dışı	CdD
<i>Ap: Alyssum pateri</i> Nyar. subsp. <i>pateri</i> Nyar.	Serpantin üstü	ApS
	Serpantin Dışı	ApD
<i>Gt: Globularia orientalis</i>	Serpantin üstü	GtS
	Serpantin Dışı	GtD
<i>R: Rhamnus rhodopea</i>	Serpantin üstü	RS
	Serpantin Dışı	RD

3.2 Örneklerin analize hazır hale getirilmesi

3.2.1 Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi

0-30 cm derinlikten elde edilen toprak örnekleri ise temiz ve kalın bir kurutma kağıdı üzerine serilerek oda sıcaklığında kurutulmaya bırakılmıştır. Hava kurusu yapılan toprak örnekleri daha sonra 2 mm (10 mesh)'lik elekten geçirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi

3.2.2 Bitki örneklerinin analize hazır hale getirilmesi

Laboratuvara getirilen bitki örnekleri ilk olarak çeşme suyunda daha sonra da saf su ile yıkanarak yaprakları (kısa sürgün) ayıklanmıştır. Zarar görmüş ve kurumuş yapraklar atılmıştır. Yapraklar 60 °C etüvde yaklaşık 12 saat kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan yaprak örnekleri bitki öğütücüde öğütülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Bitki örneklerinin analize hazır hale getirilmesi

Öğütülen bitki örnekleri Berghof-MWS-2 Model 24 yakma ünitesi mikrodalga örnek parçalayıcıda (Şekil 3.9) nitrik asit ile yaş yakılmış (Boss ve Fredeen 2004) ve yakma işlemi tamamlandıktan sonra 15 ml'lik dereceli tüplere ultra saf su ile yıkanarak aktarılmış ve tüpler ultra saf su ile derecesine tamamlanmıştır (Şekil 3.10). Balonlar içerisindeki bitki çözeltileri Whatman 42 filtre kağıdından ekstraksiyon kaplarına süzülmüştür.



Şekil 3.9 Yakma işleminin yapıldığı mikrodalga örnek parçalayıcı



Şekil 3.10 Bitki çözeltilerinin hazırlanması

3.3 Toprak ve Bitki Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinde kullanılan metodlar

3.3.1 Tekstür (Bünye) Analizi

Tekstür analizi mekanik yolla disperse edilmiş bir toprak süspansiyonunda, belirli yükseklikten, belirli bir süre içerisinde dibe çöken toprak taneciklerinin miktarına bağlı olarak süspansiyonun yoğunluğunda meydana gelen azalmanın ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Toprağı oluşturan taneciklerin birbirleriyle bağlantılarını ortadan kaldırarak teksele hale getirerek kum, silt ve kil taneciklerinin yüzde (%) oranının belirlenmesidir (Taban 2005).

Nem kaplarına 2 mm' lik elekten elenmiş ve % nemi belli olan 50 g hava kuru toprak tartılmış, dispersiyonu sağlamak amacıyla 10 ml sodyum heksameta fosfat konulup üzerine yaklaşık 90 ml saf su ilave edilmiştir. Süspansiyon hali sağlanmış olan örnek bagetlerle ara sıra karıştırılarak yaklaşık 8-16 saat bekletilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Sodyum heksameta fosfat çözeltisinde bekletilen örnekler

Her bir toprak örneği pipetle mikserlere aktarılıp 5-15 dakika mekanik parçalamaya tabi tutulmuş pisetle tekrar ölçü silindirine aktarılmıştır. Ölçü silindiri derecesine saf su ile tamamlanarak son hacim hidrometre içinde iken 1130 ml' ye ayarlanmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 40. saniye ve 2. saat okumaları yapılmak üzere hazırlanan örnekler

Karıştırma çubuğuyla 20 kez karıştırılıp ölçü silindirinden çıkarılır çıkarılmaz saate bakılarak 40. Saniye ve 2. Saat okumaları yapılmıştır.

Süspansiyonun sıcaklığı her iki okumada da termometre ile belirlenmiştir. Aşağıdaki formüllerle hesaplamaları yapılmıştır.

Hesaplamalarda Fırın Kuru Toprak (FKT) değeri dikkate alınır.

HKT= Hava kurusu toprak

FKT=(HKT×100)/100+% Nem

% Nem=(HKT-FKT)/FKT×100

% KİL+SİLT=(40.sn'deki Düzeltmiş Hidrometre Okuma Değeri/FKT)×100

% KİL=(2.saat Düzeltmiş Hidrometre Okuma Değeri/FKT)×100

% SİLT = (% KİL + SİLT) - (% KİL)

$$\% KUM = 100 - (\% KİL + SİLT)$$

$$\% KUM + \% KİL + \% SİLT = 100$$

Çözeltilerin viskozitesi sıcaklığa bağlı olup sıcaklık tanelerin düşme hızını etkilemektedir. Hidrometre belirli bir sıcaklığa göre ayarlandığı için farklı sıcaklıklarda hidrometre okumalarında düzeltme yapılmaktadır.

- 20°C' nin üzerindeki her 1°C' lik artış hidrometre okumasına 0.36 ilave edilir.
- 20°C' nin altındaki her 1°C' lik azalış için hidrometre okumasından 0.36 çıkarılır.

Toprak örneklerinin fraksiyonları hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos 1951) tespit edilmiş, tekstür sınıfları ise "Soil Survey Manual" (Anonymous 1990) baz alınarak belirlenmiştir.

3.3.2 Toprak Reaksiyonu (pH) Analizi

Toprak reaksiyonu ya da pH toprak süspansiyonunun aktif asitliğinin bir ölçümüdür. Buna göre; $pH = \log 1/[H]$ veya $pH = -\log [H^+]$ şeklinde ifade edilir.

Toprak reaksiyonunu, toprak çözeltisinde bulunan aktif H⁺ iyonları tayin eder. Toprak-su (1/2.5' luk) karışımda cam elektrodu ile toprak pH' sının belirlenmesi esasına dayanmaktadır.

20'şer gram toprak örneği tartılmış, her bir örneğin üzerine 50'şer ml saf su eklenerek karışım 30 dakika çalkalandıktan (Şekil 3.13) sonra W.T.W 522 pH metresiyle (Şekil 3.14) belirlenmiştir (Grewelling ve Peech, 1960).



Şekil 3.13 Örneklerin pH ölçümüne hazırlanması



Şekil 3.14 Örneklerin pH'nın ölçülmesi

3.3.3 Elektriksel iletkenlik (EC) Analizi

Toprağı suyla doydurduktan sonra elektriği geçirmeye olan direncini dolayısıyla da bu dirence göre tuzluluğunu saptamaktır. Toprakta bulunan tuzların miktarı ve cinsleri strüktür, su hareketi vb. gibi toprak özelliklerine olumsuz etkide bulunurken, bitki gelişimi de ozmotik etki ve toksik etki sebebiyle engellenir.

1:2.5 toprak/saf su karışımında WTW marka EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954). 20'şer gram toprak örneği tartılmış, her bir örneğin üzerine 50'şer ml saf su eklenerek karışım 30 dakika çalkalandıktan sonra ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Örneklerin elektriksel iletkenliğinin ölçümü

3.3.4 Organik Madde ve C Analizi (%)

Toprakta okside olabilen organik madde, okside edici bir madde olan potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ve kuvvetli bir asit olan sülfürik asidin ilavesiyle oluşan reaksiyon sonucu okside edilir.

Bu reaksiyon sonunda, ortamda organik maddenin oksidasyon reaksiyonuna girmeden kalan potasyum dikromat miktarı, amonyum ferrosülfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ile titre edilerek ölçülür. Bu titrasyon sonucunda ortamda oksidasyona girmeyen kromatın miktarı yardımıyla indirgeme reaksiyonuna giren kromat miktarı ile toprağın içerdiği okside edilebilen organik karbon miktarı hesaplanarak bulunur.

Önceden 2 mm'lik elekten geçirilmiş olan her bir toprak örneği tekrar 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş, 0,5'er gram tartılarak modifiye edilmiş Walkley Black yağ yakma yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 3.16 Walkley Black 1962; Seferoğlu vd. 2010).



Şekil 3.16 Örneklerin organik madde analizi için hazırlanışı

% Organik madde=10×(1–Titrazyonda Harcanan A.F.S.(ml)/Tanık İçin Harcanan A.F.S.(ml))×1.34

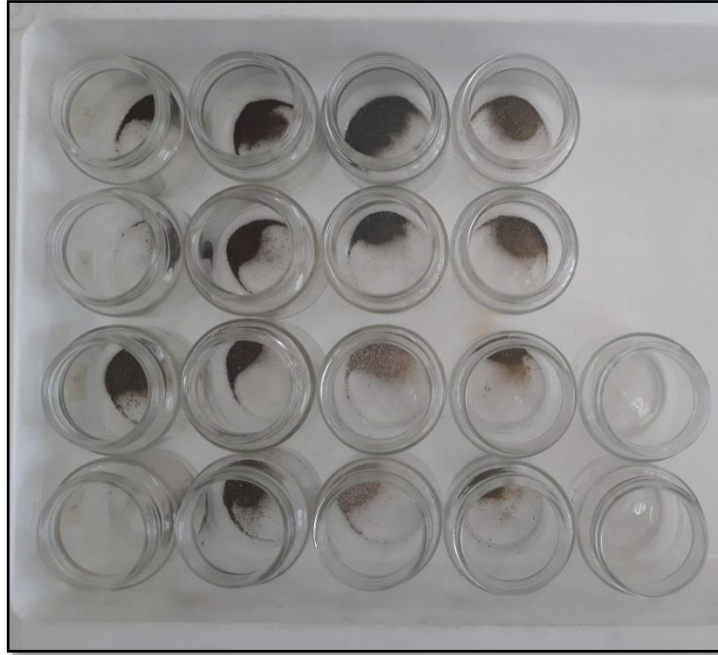
Toprak örneklerinden elde edilen organik madde miktarının 1.724 sabitine bölümü ile de karbon miktarı elde edilmiştir.

3.3.5 Kireç Analizi (% CaCO₃)

Toprakta % kalsiyum karbonat Tayini yönteminin esası, toprağa HCl ilavesi ile çıkan CO₂ gazının kalsimetrenin ölçekli borusunda tutularak llmesine dayanır.



Önceden 2 mm'lik elekten geçirilmiş olan her bir toprak rneği tekrar 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş, 0.5'er gram tartularak (şekil 3.17) Hızalan ve nal (1966) tarafından açıkladığı şekilde Scheibler kalsimetresiyle (şekil 3.18) belirlenmiştir.



şekil 3.17 örneklerin kireç analizine hazırlanması



Şekil 3.18 Scheibler kalsimetresiyle kireç analizinin yapılışı

3.3.6 Toprak ve Bitki Örneklerinde Azot (N) Analizi

Kjeldahl yaş yakma yöntemi; sülfürik asit ile yaş yakılan topraktaki organik azotu $\text{NH}_4\text{-N}$ ' a dönüştürmek ve alkali ortamda yapılan destilasyon sonunda açığa çıkan NH_3 içeriği ile toprağın toplam N kapsamını belirlemektir.

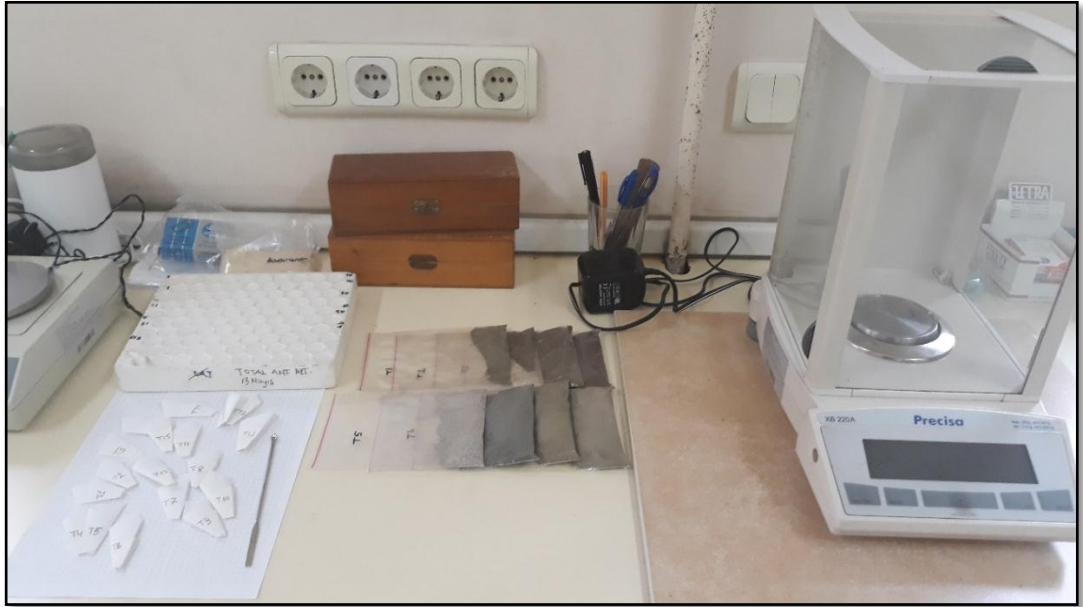
Kjeldahl yaş yakma yöntemi ile azot tayini üç aşamada olur;

A. Yakma

B. Destilasyon

C. Titrasyon

Önceden 2 mm'lik elekten geçirilmiş olan her bir toprak örneği tekrar 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş ve 0.25'er gram tartılmıştır. Bitki örnekleri de aynı şekilde 0.25 gr tartılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Azot analizine hazırlık aşamaları

Örnekler Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre N miktarı tayin edilmiştir ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. (Şekil 3.20).

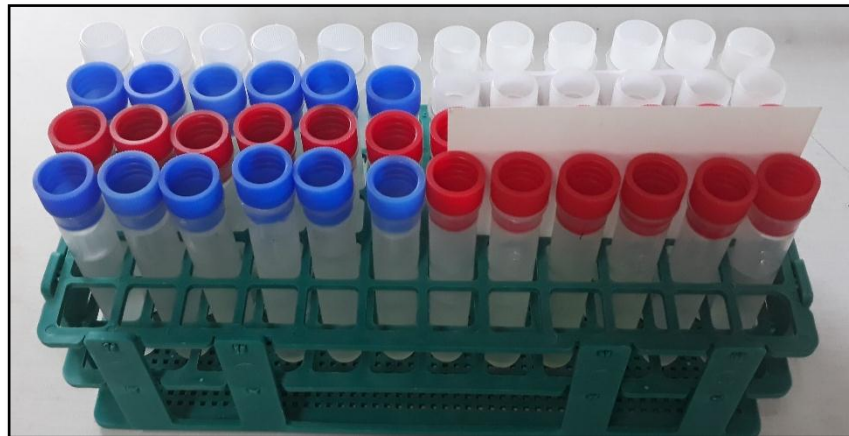
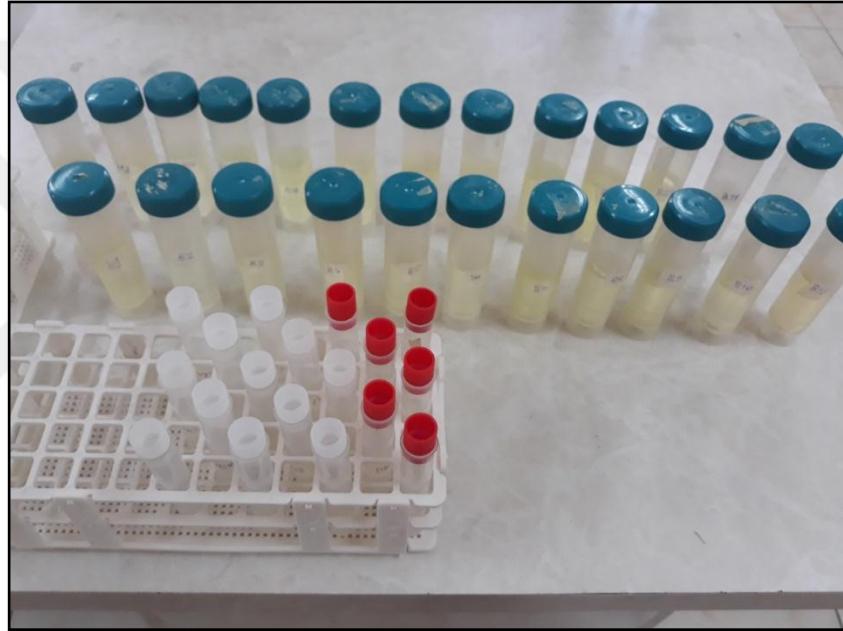


Şekil 3.20 Örneklerin Kjeldahl yöntemine göre N miktarı tayini

3.3.7 Toprak Örneklerinde Fosfor (P) Analizi

Her bir toprak örneğinden 2.5 gram tartılarak üzerlerine Olsen vd. (1954) göre 50'şer ml 0.5 M NaHCO₃ (pH 8.5) ilave edilmiş ve karışım 30 dakika çalkalanmıştır (Şekil 3.21).

Süzükteki fosfor miktarı, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Emler Model DV 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Boss ve Fredeen 2004).



Şekil 3.21 Fosfor analizi için örneklerin hazırlanması

3.3.8 Toprak Örneklerinde Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na) ve Magnezyum (Mg) Analizleri

Pratt (1965)'a göre her bir toprak örneğinden 5'er gram tartılmış ve üzerine 50'şer ml 1.0 N Amonyum Asetat çözeltisi (pH 7.0) ilave edilmiştir. Toprak çözelti karışımı 30 dakika 220 devirde çalkalanmış, Whatmann 42 no'lu filtre kağıdı ile süzülerek elde edilen ekstraksiyon çözeltisindeki (Pratt 1965) potasyum, kalsiyum, sodyum ve magnezyum ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Emler Model DV 2100) cihazı (Şekil 3.22) ile belirlenmiştir (Boss ve Fredeen 2004).



	Element	Wavelength (nm)	Survey Lower	Survey Upper	Auto Lower	Auto Upper
1	Ca 317.933	317.933	317.788	318.078	317.788	318.078
2	P 213.617	213.617	213.521	213.713	213.521	213.713
3	Mg 285.213	285.213	285.081	285.345	285.081	285.345
4	K 766.490	766.490	766.172	766.808	766.172	766.808
5						
6						

Şekil 3.22 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) cihazı

3.3.9 Toprak Örneklerinde Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Mangan (Mn) Analizleri

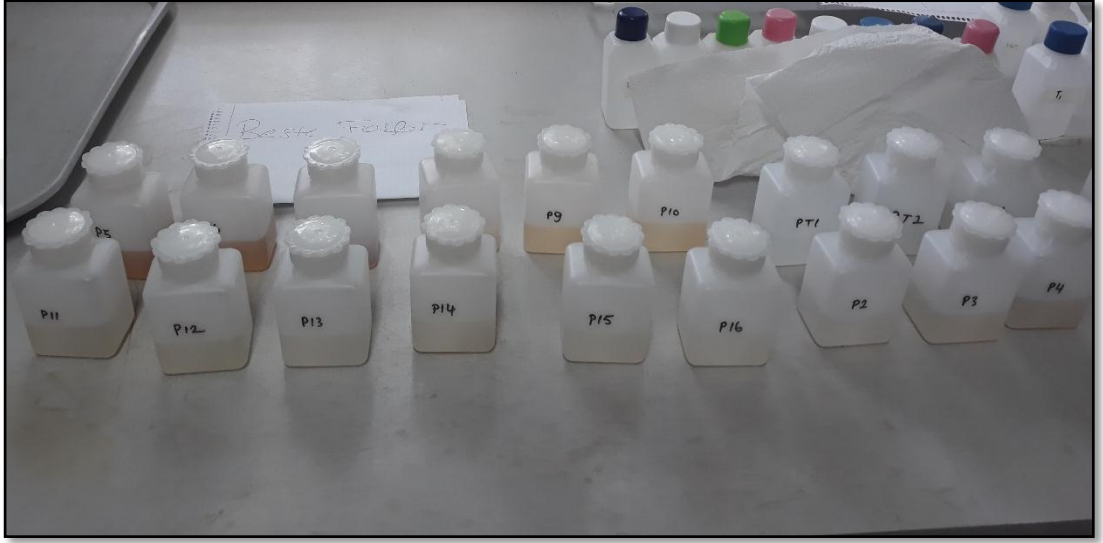
Her bir toprak örneğinden 20'şer gram tartılmış ve 40'ar ml 0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl₂ + 0,1 M TEA çözeltisi (pH 7.3) ile birlikte 2 saat 180 devirde çalkalanarak, ardından Whatmann 42 no'lu filtre kağıdı ile süzülerek elde edilen (Şekil 3.23) ekstraksiyon çözeltisindeki demir, nikel, bakır, çinko, krom, kobalt ve mangan ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Emler Model DV 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell 1978; Boss ve Fredeen 2004).



Şekil 3.23 Örneklerin ICP okumasına hazırlanışı

3.3.10 Bitki örneklerinde Fosfor (P) Analizi

Mikrodalga fırında yaş yakma yapılarak hazırlanan ekstraksiyon çözeltilerinde (Şekil 3.24) toplam fosfor ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Emler Model DV 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Boss ve Fredeen 2004).



Şekil 3.24 P analizi için ekstrakte edilmiş bitki örnekleri

3.3.11 Bitki örneklerinde Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na) ve Magnezyum (Mg) Analizleri

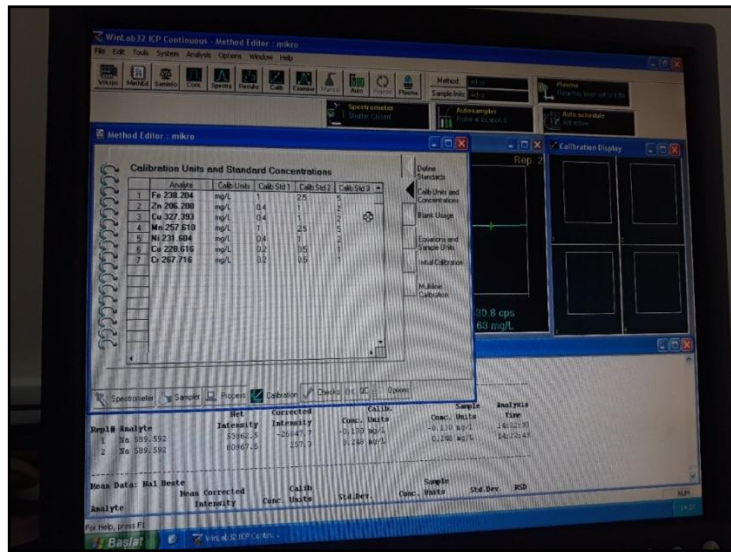
Mikrodalga fırında yaş yakma yapılarak hazırlanan ekstraksiyon çözeltilerinde (Şekil 3.25) toplam potasyum, kalsiyum, sodyum ve magnezyum ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Emler Model DV 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Boss ve Fredeen 2004).



Şekil 3.25 ICP’de makroelement okuması için hazırlanan örnekler

3.3.12 Bitki örneklerinde Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Mangan (Mn) Belirlenmesi

Mikrodalga fırında yaş yakma yapılarak hazırlanan ekstraksiyon çözletisinde toplam demir, nikel, bakır, çinko, krom, kobalt ve mangan (Şekil 3.26) ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Emler Model DV 2100) cihazı ile belirlenmiştir (Boss ve Fredeen 2004).



Şekil 3.26 ICP’de okuma öncesi elementlerin kalibrasyonu

3.4 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Elmer Model DV 2100) Çalışma Parametreleri

Toprak ve bitki örneklerinde yapılan analizlerde kullanılan ICP-OES cihazının (Şekil 3.27) çalışma şartları ve elementlerin belirlenmesinde seçilen dalga boyları çizelge 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.27 ICP-OES cihazı

Çizelge 3.7 ICP-OES cihazı ayarları ve elementleri belirleme dalga boyları

Ayarlar	Değerler	Elementler	Dalga boyları (λ nm ⁻¹)
Argon plasma gas flow (L/min)	15	P	213.617
Argon nebulizer gas flow (L/min)	0.80	K	766.490
Argon auxiliary gas flow (L/min)	0.2	Ca	317.933
Power (Watt)	1300	Mg	285.213
Plasma aerosol type	Wet	Fe	238.204
Nebulizer set up	Instant	Cu	327.393
Sample flow rate (ml/min)	1.5	Zn	206.200
Sprey chamber	Perkin-Elmer	Mn	257.610
Flush time	5	Na	589.592
Replicate	3	Co	228.616
		Cr	267.716
		Ni	231.604

3.4.1 Bitki Analizlerinde Kullanılan Referans Bitki Materyali ve Analiz Değerleri

Bitkilerde yapılan analizlerin doğruluğunu belirleyebilmek için Amerika Birleşik Devletleri National Institute of Standards and Technology (NIST)'den temin edilen sertifikalı domates bitkisi yaprak (Standart Reference Material 1573a) örneği kullanılmıştır.

Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen bitki örnekleri, kullanılan yöntemlere göre iki paralelli olarak analize hazırlanmıştır. Referans olarak kullanılan domates bitkisi yaprak örneğinin sertifikasında belirtilen değerler ile analiz sonucu belirlenen ortalama değerler çizelge 3.8 de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Sertifikalı domates bitkisi yaprak örneğinde olması gereken ve analiz sonucu belirlenen değerler

Elementler	Olması gereken	Analiz sonucu belirlenen
Toplam P, g kg ⁻¹	2.16±0.04	2.09±0.03
Toplam K, g kg ⁻¹	27.0±0.5	28.0±1.5
Toplam Ca, g kg ⁻¹	50.5±0.9	55.1±0.6
Toplam Fe, g kg ⁻¹	368±7.0	364±5.7
Toplam Cu, g kg ⁻¹	4.70±0.14	4.56±0.11
Toplam Zn, g kg ⁻¹	30.9±0.7	31.0.8±0.4
Toplam Mn, g kg ⁻¹	246±8.0	249±5.4
Toplam Na, g kg ⁻¹	136±4	140±9
Toplam Co, g kg ⁻¹	0.57±0.02	0.49±0.04
Toplam Cr, g kg ⁻¹	1.99±0.06	2.05±0.08
Toplam Ni, g kg ⁻¹	1.59±0.07	1.53±0.04

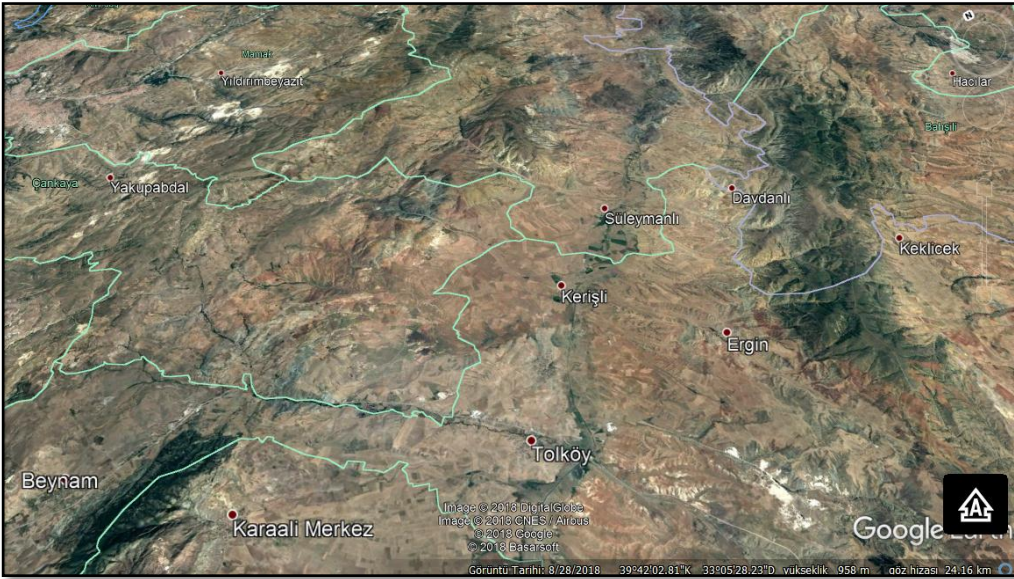
3.5 İstatistiksel Analiz

Bitki ve toprak örneklerinin elementel içerikleri arasındaki ilişkiyi araştırma üzere toprak ve bitki örneklerinin içeriklerindeki onüç farklı elemente ait veriler incelenmiştir. Standart sapma, maksimum, minimum değer gibi temel istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca topraktaki ve bitkideki mevcut element değerlerinin karşılaştırılması amacıyla korelasyon testi (Pearson testi) yapılmıştır. İstatistikler IBM SPSS Statistics 22 programı kullanılarak hesaplanmıştır.



4.1.1 Elmadağ Araştırma Bölgesi

Elmadağ serpantin serisi üzerinde seçilen istasyonlar 893m, 1298 m, 1356 m,1359 m,1386 m, 1419 metrelerde ve N 39 ° 40' 39. 1"- E 032° 54' 37. 3", N 39° 40' 43. 29"- E 032° 54' 29.89", N 39° 40' 53. 7"- E 032° 54' 37. 6", N 39° 40' 21. 0"- E 032° 54' 15. 7", N 39° 40' 40. 1"- E 032° 54' 31. 9", N 39° 45' 47. 3"- E 033° 12' 46. 5" koordinatları arasında bulunmaktadır (Şekil 4.2).



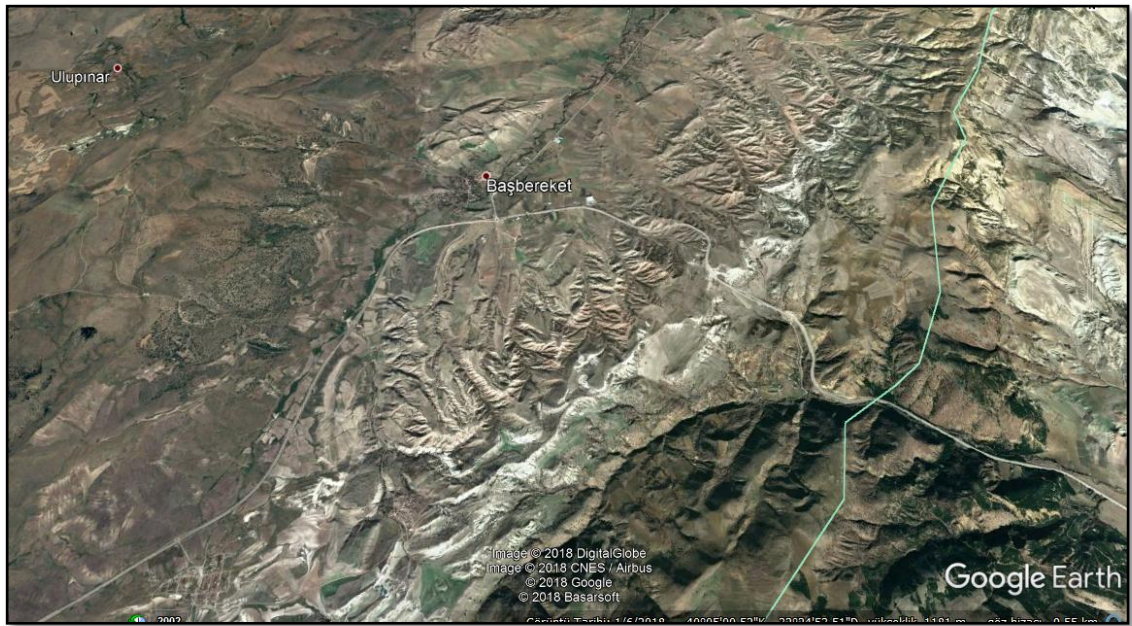
Şekil 4.2 Elmadağ araştırma bölgesi (Anonim 2018a)



Şekil 4.3 Elmadağ araştırma bölgesindeki serpantin serilerden görüntüler

4.1.2 Ayaş Araştırma Bölgesi

Ayaş'tan seçilen marnlı ve kalkerli istasyonlar ise 1121, 1155 metrelerde ve N 40° 05' 32. 8" E 032° 25' 59. 6", N 40° 04' 40. 4" E 032° 22' 59. 1" koordinatları arasında bulunmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Ayaş araştırma alanı (Anonim 2018b)



Şekil 4.5 Ayaş araştırma alanındaki marnlı ve kalkerli alanlardan görüntüler

4.2 Araştırma Bölgesinin Jeolojisi

4.2.1 Elmadağ Araştırma Bölgesinin Jeolojisi

MTA Jeoloji Etüdlere Dairesi Başkanlığı'ndan edinilen ve çalışma alanının yer aldığı paftadaki jeoloji haritasına göre alanda bulunan başlıca jeolojik formasyonlar; Elmadağ formasyonunun Arabıntaş üyesi (Jea), Çakılıdere üyesi (Jeç), Devecioğlu (Jed) üyesi, Döşemedere Formasyonu (Jd) ve Irmak formasyonu (Ki) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.6 - 4.7 Okan 1982).



Şekil 4.6 Elmadağ araştırma bölgesindeki serpantin kayalardan bir görüntü

Elmadağ formasyonu (Je)

Çakıltaşı, çeşitli kumtaşları, silttaşı, kiltası ve tüfitler olmak üzere kırıntılı kayalardan oluşur. Adını aldığı Elmadağ ilçesinin çevresindeki yayılımı oldukça geniştir ve kuzeydoğu - güneybatı yönünde yayılır.

Kaya Türleri, çok iyi katmanlı, fliş benzeri kırıntılılardan oluşmuştur. Bu tortul düzeyler arasında çok sayıda ve türlü büyüklüklerde Karbonifer, Permian ve Triyas yaşlı kireçtaşı blokları yer almakta olup söz konusu kırıntılı tortul kayalar kimi flaksotürbidit tipi çakıltaşları, arenit ve türevleri (özellikle kuvarsarenitler), vaketası ve türevleri (özellikle grovaklar) ile silttaşı ve kiltasıdır.

Formasyonun üst düzeylerine dair yüzlekler aşınma yüzeyi oluşturmaktadırlar. Stratigrafik olarak Elmadağ formasyonunun üzerine neyin geldiği kesin olarak bilinmemekle beraber, yerleşim yaşı Santoniyen – Kampaniyen olarak saptanan ofiyolitli karmaşık nitelikli Irmak formasyonu bindirmeli olarak bulunmaktadır. Birimin toplam kalınlığı 1900 m'yi aşmaktadır.

Kuzeydoğu - güneybatı yönlerinde gelişen birim, batıda alüvyon örtüsüyle, doğuda ise tektonik dokanıklı ofiyolitli karmaşık oluşuklarıyla sınırlanmıştır. Kendi içinde sedimentolojik bir düzen sunan formasyon, yer yer Döşemedere formasyonu ile giriktir.

Formasyon, genelde fosilden yoksundur. Bu yönden kesin ve sağlıklı bir yaş verilmesi

bugüne dek yapılamamış, bu sebeple yaşlandırmaya gidilmiştir. Birimin yerli katmanlarını oluşturan fliş benzeri çökel fasiyesindeki oluşuklar içerisindeki zengin fosilli kireçtaşı blokları Karbonifer, Permian ve Triyas yaşlarını göstermişlerdir. Dolayısıyla yerli birim Triyas veya daha genç yaşta olmalıdır.

Ancak, Arabıntaş üyesi olarak tanımlanan, Elmadağ formasyonunun en alt stratigrafi biriminde Kaklık tepenin 220 m güneydoğusunda yüzeyleyen, yaklaşık 90 -100 m

uzanımlı ve 10-12 m kalınlığı olan flaksotürbiditik çakıltaşlarının kireçtaşı çakılları Verfeniyen, Karniyen, Noriyen, Resiyen ve Hettanjıyen yaşlarını vermektedirler (Okan 1982).

Arabıntaş üyesi (Jea)

Tip yeri Arabıntaş dereinde olan bu üyenin tip kesiti, Elmadağ - Kırkkale karayolu ile derenin keşiştiği noktadan başlatılmış ve dere boyunca sürdürölerek Kaklık tepe güneydoğu yamacında bitirilmiştir.

Kaya Türleri, Arabıntaş üyesi, tip kesitinde siyaha yakın koyu renkli, ince taneli kuvarsarenitler ve grovaklarla başlar ve daha üstlere doğru kıltaşı - silttaşı ile grovak arıalanmalı olarak 110. metreye kadar sürer.

Bu düzeylerde kum boyu tanelerden oluşan kanal dolguları yer alır. 180. metreye kadar ince katmanlı silttaşı, kıltaşı arıalanmaları olarak gelişen oluşuklar, kuvarsarenit ve grovakımsı kumtaşlarıyla ve onların aralarında kötü boylanmalı kuvarsarenit - kıltaşı arıalanmalarıyla sürerler.

Tip kesitin 425. metresine kadar bu düzende süren katmanlar, buradan sonra masif görünlü ve kaba taneli grovaklarla son bulurlar. Dizilimin kimi düzeylerinde flaksotürbidit çakıltaşları ve eski yaşlardaki taşınmış kireçtaşı blokları egemen olarak bulunurlar. Üyenin üst sınırı Çakılıdere üyesi ile uyumludur.

Üyenin tip kesitindeki toplam kalınlığı 45 m'dir. Ancak, tip yerinden kuzeydoğuya ve güneybatıya gidildiğinde kalınlıkta azalma görölür. Birime ilişkin yüzleklerdeki kalınlığın en az olduğu yer Hozankaya tepe kuzeybatı yamacıdır ve burada kalınlık 310 m olarak ölçölmüştür.

Tip bölgesindeki dağılımı şu şekildedir: Batıda Korukaşı tepenin doğu yamacından başlar ve Kayıncakkaya tepe kuzeyinden sürerek Elmadağ dere içersinde göröllebilen en

alt katmanları kaybolur. Üyeye ait yüzlekler kuzeydoğuya doğru gelişerek Kurbağalı istasyonunun bulunduğu alandan Hozankaya tepe eteklerini de içine alarak Öz çayı alüvyonları altında kaybolur.

Yüzelediği ikinci yer ise Kabağaç tepenin 600 m kadar doğusundadır. Anılan yerden başlayarak Gensirt tepe eteklerine kadar gelişir. Daha kuzeyde Sarayözü tepe kuzeyinde yeniden yüzeleyerek kuzeybatıya doğru yayılımına devam eder.

Tipik derin deniz türbidit fasiyesini belirleyen bu üye, iraksak ve yakınsak (distal ve proksimal) türbidit topluluklarını içerir. Elmadağ formasyonunun en alt düzeylerini oluşturan bu üye katmanlarına sağlanan kırıntılı gercin hızlı bir aşınma ve biriktirme sonucu depolandığı açıktır.

Bu bulgulara dayanarak, yerli katmanları fosilden yoksun, ancak içerdiği çakılları Verfeniyen'den Hettanjien'e kadar jeoloji yaşı gösteren bu birim Triyas'tan genç ve olasılıkla Jurasik'tir (Okan 1982).

Çakılıdere üyesi (Jeç)

Çakılıdere üyesinin tip yeri, Karakaya dere vadisinin ikincil kollarından olan Çakılıdere ve Güllüdere boyunca. Kesitin başlangıç yeri, Karakayadere ve Çakılı derenin kesim noktası ve bitim yeri ise Güllü dere vadisinin doğuş yeridir.

Kaya türleri, genel olarak tümüyle boz renkli olan bu birimin en alt katmanları 50 m kalınlığında kimi yapraklı yapı gösteren grovaklarla başlamaktadır.

Bunların üzerlerine kahverenkli ve yağlımsı dokunumlu – yaprağımsı yapılı kiltaşları, ince taneli grovaklarla ardalananak yerleşmiştir. Birbirini izleyen distal ve proksimal türbiditlerden oluşan bu düzeylerin belirli seviyelerinde flaksotürbiditik oluşuklara da rastlanmaktadır.

300. metreye kadar bu düzende süren katmanlar, bu düzeyden sonra killi tortullarında belirgin bir azalma göstererek, grovaklarla ardalanan litarenit katmanlarıyla tanımlanan proksimal türbidit toplulukları olarak 790. metreye kadar devamlıdır.

Doğal olarak, anılan katmanlar arasında ortamın yerli oluşukları olan ince katmanlı kiltaşları da görülür. Anılan düzeyden sonra kuvarsarenit türü kırıntılı kayalardan oluşan proksimal türbiditlerle bunlar arasındaki volkanik tüfitik katkılı katmanlarla, Çakılıdere üyesi metadetritikleri son bulur.

Ayrıca, üyenin bu son katmanları arasında çok sayıda ve türlü boylarda (birkaç metre ile birkaç yüz metre) taşınmış kireçtaşı blokları da yerleşmiştir.

Zayıf boylanmış kumtaşları ve bunlardaki değişebilen oranlarda kil varlığı, küçük ölçekli dereceli katmanlanma, kumtaşlarının bileşimlerinde ve katman kalınlıklarındaki az - çok değişme, akıntı yapılarındaki tercihli yönelmeler gibi özellikleri dolayısıyla, derin deniz

ortamının ürünü olduğu belirgin olan çökeller bu üyenin katmanlarını oluşturmuştur.

Ancak alt düzeylerdeki grovakların varlığının, üst düzeylerde yerlerini kuvarsarenitlere bırakmış olmaları, çökel havzasının kara kesimindeki aşınma ve taşınmanın giderek yavaşladığını belirler. Ayrıca üst düzeylerde ortaya çıkan volkanik tüfitik katkı da çökel havzasındaki volkanizma varlığının simgesidir (Okan 1982).

Devecioğlu üyesi (Jed)

Devecioğlu üyesinin tip yeri, Elmadağ ilçesinin kuzeyindeki Devecioğlu dere vadisinin

çevresidir. Tip kesit, Yenişıklar köyünün girişindeki kireçtaşı bloğunun batısında, Çakılıdere üyesi ile dokanakta olduğu yerden başlar ve Kagkesik deredeki demiryolu barakalarının hemen yakınında biter.

Üyenin katmanları genel olarak açık kahve-esmer renkli ve türlü kayalardan oluşmuşlardır. Birimin alt sınırı Çakıllıdere üyesiyle uyumludur. Üst sınırı ise, yüzeylendiği her iki alanda da aşınma yüzeyi ile son bulur.

Bölgedeki olasılıkla Jurasik yaştaki çökel ortamının son ürünleri olan bu üyenin katmanları, başlangıçlarında kimi düzeyleri akma yapılı proksimal türbidit özellikli arenitlerden oluşan yeniden çökelme (rösedimante) tortuları ile başlamaktadır.

Böylece ortama kırıntılı gereç getiren akıntılar ve buna bağlı olarak karadaki aşınma etkindir. İlerleyen zaman süreci içerisinde, topografyası silinmekte olan karadan türetilen gereçler, türbidit olarak akmazdan önce uzunca bir zaman ilk getirildikleri yerlerde bekletilmekte, buralarda mineralojik bir olgunluk kazanmakta ve kuvarsarenitlere dönüşmektedirler. Böylece kayaçal olarak olgunlaşan gereç, sonradan türbidit olarak akmaktadır (Okan 1982).

Döşemedere formasyonu (Jd)

Formasyonu oluşturan kayalar, engellemeli doku gösteren, boşluklu, mafik mineralleri ve olivinleri kalsitleşmiş bazaltlardır. Kimileri ise boşluklarında kalsit içeren kriptokristalin hamurlu spilitleşmiş bazaltlardır.

Bu bazik kayalar, soğuk ve sıcak temaslı olmak üzere, komşu kayalarla ve kimi taşınmış kireçtaşı bloklarıyla değişik türlerde ilişkidir.

Bazı gözlem noktalarında ise bileşenleri kireçtaşı çakılları olan ve hamurunu ise bu bazaltların oluşturduğu çakıltaşları görülmektedir. Bu bazaltların, ortamın asal çökelleriyle yaşıt (Jurasik) oldukları olasıdır (Okan 1982).

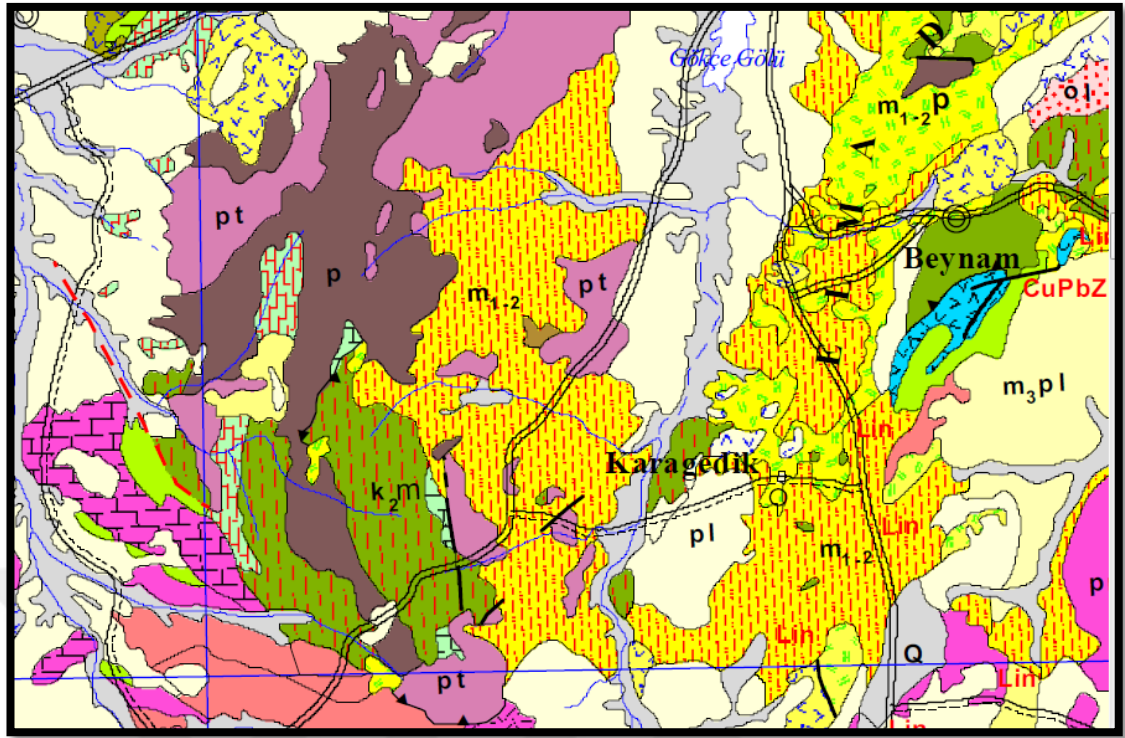
Irmak formasyonu (Ki)

Ankara melânjinin üst birimleri olarak bilinen bu formasyon, ‘serpantin-radyolarit karışık serisi’ olarak anılmaktadır. Irmak formasyonu, çalışma alanımızın doğu kesiminde, haritaladığımız alan içerisinde genel olarak kuzeydoğu-güneybatı yönünde yayılım gösterir.

Karacahasan köyünün batısından itibaren ise, batıya dönerek yayılımına devam eder. Irmak formasyonu, Elmadağ formasyonu üzerinde bindirmelidir. Bu ilişkinin Ankara çevresindeki bazı yerlerde ters olduğu da gözlenmektedir.

Başka bir deyişle, Elmadağ formasyonunun eşdeğerleri, Irmak formasyonunun üzerinde görülürler. Irmak formasyonunun egemen kaya türleri serpantinitle, radyolaritler, bazaltlar ve bunlar içerisindeki kireçtaşı bloklarıdır. *Ticinella* sp. ve *Orbitolina*'lar tanınmış ve blokların yaşı Santoniyen- Kampaniyen olarak bulunmuştur.

Bölgedeki en genç bloklar, Santoniyen - Kampaniyen yaşlıdır, bundan ötürü bu birimin yerleşme yaşının en az Üst Kretase'nin üst devirlerinde olduğu bilinmektedir (Şekil 4.8 Okan 1982).



METAMORFİK KAYALAR / METAMORPHIC ROCKS

ÜST KRETASE UPPER CRETACEOUS		Metakilt Metakilt
KRETASE CRETACEOUS		Memer, çöktü memer, rekristalize kireçtaş Mudstone, chert mudstone, recrystallized limestone
JURA - KRETASE JURASSIC - CRETACEOUS		Memer, rekristalize kireçtaş Mudstone, recrystallized limestone
ORTA TRİYAS - JURA MIDDLE TRIASSIC - JURASSIC		Memer, rekristalize kireçtaş Mudstone, recrystallized limestone
ALT TRİYAS LOWER TRIASSIC		Kalklıtaş, memer, metakristaller Calcareous mudstone, mudstone, metacrystals
PERMYEN PERMIAN		Memer Mudstone
ÜST PALEZOYİK - TRİYAS UPPER PALEZOIC - TRIASSIC		Şist, firit, memer, metakilt Schist, garnet, mudstone, metakilt
PERMO-KARBONİFER PERMO-CARBONIFEROUS		Şist, kovanit, memer vb. (Üst Permyen) Schist, kyanite, mudstone etc. (Upper Permian)
ÜST PALEZOYİK UPPER PALEZOIC		Memer Mudstone
ÜST PALEZOYİK UPPER PALEZOIC		Şistler Schists
PALEZOYİK PALEZOIC		Memer, dolomit Mudstone, dolomite
PALEZOYİK PALEZOIC		Şistler Schists
PREKAMERYEN veya PALEZOYİK PRECAMBRIAN and/or PALEZOIC		Ayrılmamış gnays, metagranit, şist, memer, arifibolit vb. Undifferentiated gneiss, metagranite, schist, mudstone, amphibolite etc.

OFİYOLİTİK KAYALAR / OPHIOLITIC ROCKS

ÜST KRETASE UPPER CRETACEOUS		Ofiyolitik melanj Ophiolitic melange
MESOZOYİK MESOZOIC		Ayrılmamış ofiyolitik kayalar Undifferentiated ophiolitic rocks
MESOZOYİK MESOZOIC		Feritdit Pseudotachylite

SEDİMENTER KAYALAR / SEDIMENTARY ROCKS

KUVATERNER QUATERNARY		Ayrılmamış Kuvaterner Undifferentiated Quaternary
KUVATERNER QUATERNARY		Alüvyon yelpazesi, yamaç molozu vb. Alluvial fan, slope debris etc.
PLEYİSTOSEN PLEISTOCENE		Ayrılmamış karasal kumullar Undifferentiated continental clastic rocks
PLİYOSEN PLIOCENE		Karasal karbonatlar Continental carbonate rocks
PLİYOSEN PLIOCENE		Ayrılmamış karasal kumullar Undifferentiated continental clastic rocks
ÜST MİYOSEN - PLİYOSEN UPPER MIOCENE - PLIOCENE		Evaporitli sedimenter kayalar Evaporite sedimentary rocks
ÜST MİYOSEN - PLİYOSEN UPPER MIOCENE - PLIOCENE		Ayrılmamış karasal kumullar Undifferentiated continental clastic rocks
ÜST MİYOSEN UPPER MIOCENE		Ayrılmamış karasal kumullar Undifferentiated continental clastic rocks
ÜST MİYOSEN UPPER MIOCENE		Kumullar Clastic rocks
ORTA - ÜST MİYOSEN MIDDLE - UPPER MIOCENE		Karasal karbonatlar (Orta Milyosen) Continental carbonate rocks (Middle Miocene)
ORTA - ÜST MİYOSEN MIDDLE - UPPER MIOCENE		Karasal kumullar Continental clastic rocks
ORTA MİYOSEN MIDDLE MIOCENE		Karasal kumullar Continental clastic rocks
ALT - ORTA MİYOSEN LOWER - MIDDLE MIOCENE		Gösel kireçtaşı, mam, yeşil Lacustrine limestone, marl, shale
ALT - ORTA MİYOSEN LOWER - MIDDLE MIOCENE		Ayrılmamış karasal kumullar Undifferentiated continental clastic rocks
ALT MİYOSEN LOWER MIOCENE		Karasal kumullar Continental clastic rocks
OLİDOSEN OLIGOCENE		Kumullar Clastic rocks
OLİDOSEN OLIGOCENE		Karasal kumullar Continental clastic rocks

Şekil 4.8 Elmadag jeoloji haritası (1/100.000' lik)

Kızılçay Formasyonu (Tpek)

Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim, Kızılçay grubu adı altında iki formasyona ayrılarak incelenmiş, volkanitsiz olana Hatıl formasyonu ve volkanitli olana Demirköy formasyonu adı verilmiştir.

Birim genel olarak kırmızı, alacalı renkli, ince-kalın tabakalı, kötü boyplanmalı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır.

Formasyonun üst bölümünde yer alan yeşil renkli ince tabakalı şeyl, marn, kilitaşı; yeşilimsi beyaz renkli, ince orta tabakalı killi kireçtaşı, kumtaşı araldanmasından ve yeşilimsi gri renkli bitümlü şeylerden oluşan bölümü Kabalar üyesi olarak ayırtlanmıştır.

Birimde ender olarak ince seviyeler halinde kömür ve yer yer de jipsler olağandır. Çalışma alanında sadece Kızılçay formasyonunun Kabalar üyesi (Tpekk) yüzeylenmektedir (Altun vd. 2002).

Kabalar üyesi (Tpekk)

Killi kireçtaşı, bitümlü şeyl, marn, kilitaşı, kumtaşlarından oluşan üye Kabalar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Sürekliliği olmaması nedeniyle bu birim üye mertebesinde incelenmiştir.

Üye yeşilimsi, beyaz renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı, yeşil renkli kumtaşı ve yeşilimsi gri renkli, kartonumsu ayrılmalı bitümlü şeyl araldanmasından oluşmaktadır. Birim ince kömür ara seviyeleri içermektedir.

Kabalar üyesi, Ayaş'ın kuzeydoğusunda iyi izlenir. Üye, altta Soğukçam formasyonu ile açısal uyumsuz, üstte Ayaş'ın kuzeydoğusunda Güvenç formasyonu, Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller ile açısal uyumsuzdur.

Kalınlığı 20-300 m arasında değişen üye önemli bir litolojik değişim göstermemektedir. Fosil içermeyen birimin yaşı, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı kabul edilmiştir. Birim gölsel ortamda çökelmiştir (Altun vd. 2002).

Hançili Formasyonu (Tmh)

Kumtaşı, kilitaşı, şeyl, tuf ve kireçtaşından oluşan bu formasyon beyaz gri renkte, ortakalın tabakalı kireçtaşı, beyaz, sarı renkli, orta tabakalı kumtaşı, gri, yeşil renkli ince tabakalı yer yer kartonumsu seviyeler içeren kilitaşları ile tüfleri içerir.

Bu formasyon geniş yayılım göstermekte olup, kömür düzeyleri ve killi seviyelerde yaprak ve makrofosil bulundurur. Birim gölsel ortamda çökelmiştir.

Formasyon içinde bulunan *Mikrodyroys* sp., *Eliomys* sp., *Megacricetodon* sp., *Democricetodon* sp., *Eumyarion* sp., *A. Mirabelle* sp., *Eucricetodon* sp., *Desmanodon* sp. mikro memeli faunasına göre Alt Miyosen yaşı saptanmıştır.

Ancak Akyürek ve arkadaşları (1996) birimde Serravaliyen-Tortoniyen yaşı saptamıştır. Bu veriler doğrultusunda enstitü Alt-Orta Miyosen yaşlı kabul edilmiştir (Altun vd. 2002).

Ilcadere Volkaniti (Tmt)

Bazaltik, andezitik lavlar ve aglomeralardan oluşan birim gri, siyah, kırmızı, kahverengi renklerde, masif, bloklu, cüruf biçimlerinde görünen lavlar, bazalt ve bazaltik andezit türündedir.

Genel olarak porfirik ve hiyalopilitik dokulu plajiyoklas, piroksen ve olivin fenokristalli olan birimin boşlukları ikincil olan silisce doldurulmuştur.

Aglomeralar, sarı, kırmızı, gri ve kahverenginin değişik tonlarında olup, bazen küçük blok ve çakılların sarı renkli tüfle, bazen de iri blokların gri renkli tüfle tutturulmasından oluşmuş, tabakalı veya yığılım biçiminde gözlenir. Göreceli olarak Alt-Orta Miyosen yaşlıdır (Altun vd. 2002).

Deveören Volkaniti (Tmd)

Dasit, andezit türü lavlar ile tuf ve aglomeralardan oluşan birim gri, siyah, yeşil, kahverengi renkli, genelde levhamsı akmalı, yer yer masif görümlü kriptokristalen dokulu olan lavlar, hamurlarında bol cam içermekte ve kimyasal analizlerine göre de dasitik bir volkanizma karakterindedir.

Beyaz, pembe renkli tüfler ile kırmızı, şarabi renkli aglomeralar birimin diğer litolojilerini oluşturur. Bu birimde diğerleri gibi Alt- Orta Miyosen yaşındadır (Altun vd. 2002).

İnceleme alanı Üst Miyosen sonuna kadar kabaca KKB-GGD yönlü sıkışma kuvvetlerinin etkisi altında kalmış ve KD-GB yönlü hafif kıvrımlanmaya ve faylanmaya

neden olmuştur. Kıvrımlanmayı yaşlı çökeller ve volkanitlerde izlemek mümkündür (Şekil 4.10 Altun vd. 2002).

Arazinin büyük bir bölümü marn içermekte olup marn esas itibariyle kalsiyum karbonattan yapılı, kil veya diğer materyallerle karışık kolay parçalanır, toprağımsı bir yapıya sahiptir ve genellikle göllerde oluşur.

Burada kalsiyum karbonatın kaynağı “chara” bitkisinin kireçli artıkları veya “mollusk kabukları” ya da solüsyonlardaki basit çökmeler olabilir (Hızalan 1969).

4.3 Araştırma Bölgesinin Toprak Özellikleri

Araştırma alanının toprak özellikleri T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü CBS Birimi'nden edinilen 'Büyük Toprak Grupları haritası' aracılığıyla tanımlanmıştır.

Çalışma materyallerinin temin edildiği istasyonlar Ankara'nın Elmadağ ve Ayaş ilçeleri tarafından kapsanan alanda yer almaktadır. Araştırma istasyonları alüvyal toprak, kahverengi toprak, kırmızımsı kahverengi toprak, kolüvyal toprak, kireçsiz kahverengi toprak, kestane rengi toprak gibi büyük toprak gruplarını barındırmaktadır.

Elmadağ'da kahverengi topraklar 36,886 ha ile bölgenin % 58.26'sını kaplamakta ve en büyük toprak grubunu oluşturmaktadır (Şekil 4.11). Kırmızımsı kahverengi topraklar ise kapladığı 20,109 ha alan ile Elmadağ'ın % 31.76'lık kısmını kaplamaktadır.

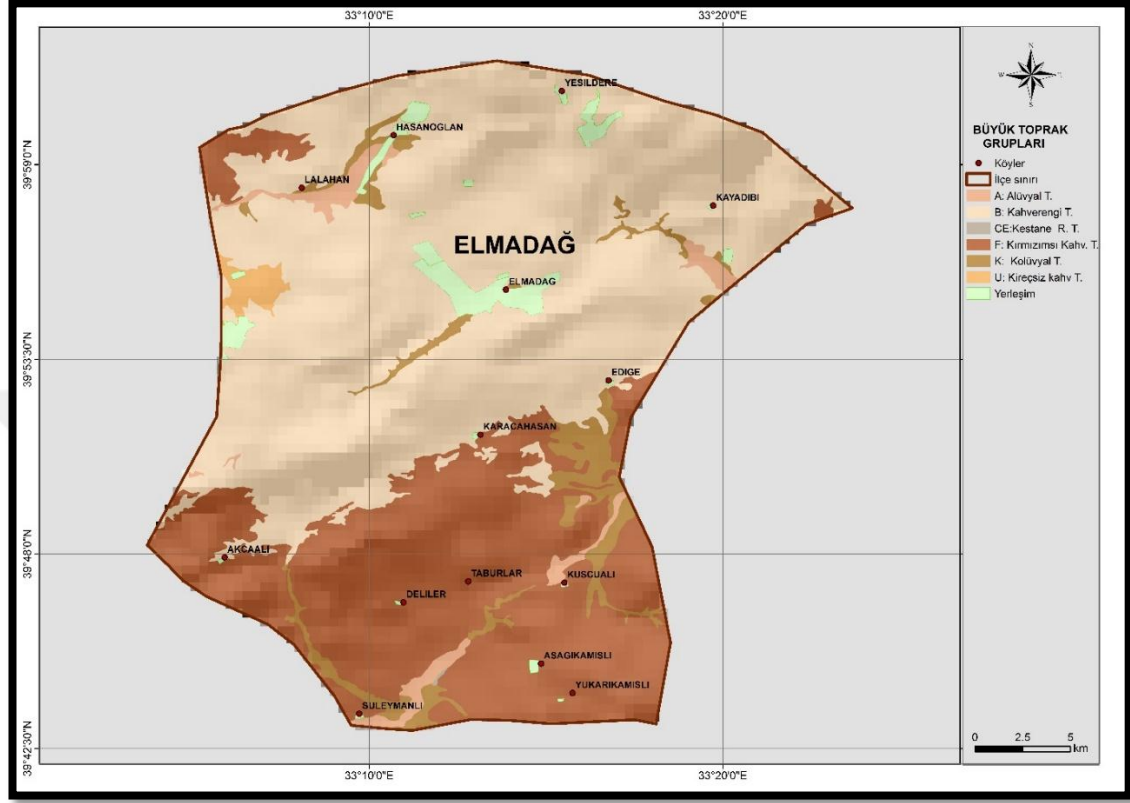
Bu sıralamayı kolüvyal topraklar 2,924 ha alan ve % 4.62'lik dilim ile; alüvyal topraklar 1,370 ha alan ve % 2.16'lik dilim ile, kireçsiz kahverengi topraklar 503 ha alan ve % 0.79'luk dilim ile takip etmektedir.

Kestane renkli topraklar 14 ha alan ile % 0.02'lik bir alanı kaplayarak alandaki en küçük toprak grubunu teşkil etmektedir. Bölgenin 1,512 ha'lık % 2.39'u ise yerleşim alanı ve barajlara aittir (Çizelge 4.1).

Ayaş'da ise yine kahverengi topraklar 89,812 ha ile bölgenin % 81,5'ini kaplayarak en büyük toprak grubunu oluşturmaktadır (Şekil 4.12). Alüvyal topraklar ise kapladığı 8,808 ha alan ile Ayaş'ın % 8'lik kısmını kaplamaktadır.

Bu sıralamayı kireçsiz kahverengi topraklar 8,006 ha alan ve % 7.3'lük dilim ile; kolüvyal topraklar 2,059 ha alan ve % 1.9'luk dilim ile takip etmektedir. kırmızımsı kahverengi topraklar 487 ha alan ve % 0.4'lük bir alanı kaplayarak alandaki en küçük

toprak grubunu teşkil etmektedir. Bölgenin 1,043 ha'lık % 0.9'u ise yerleşim alanı ve barajlara aittir (Çizelge 4.1).

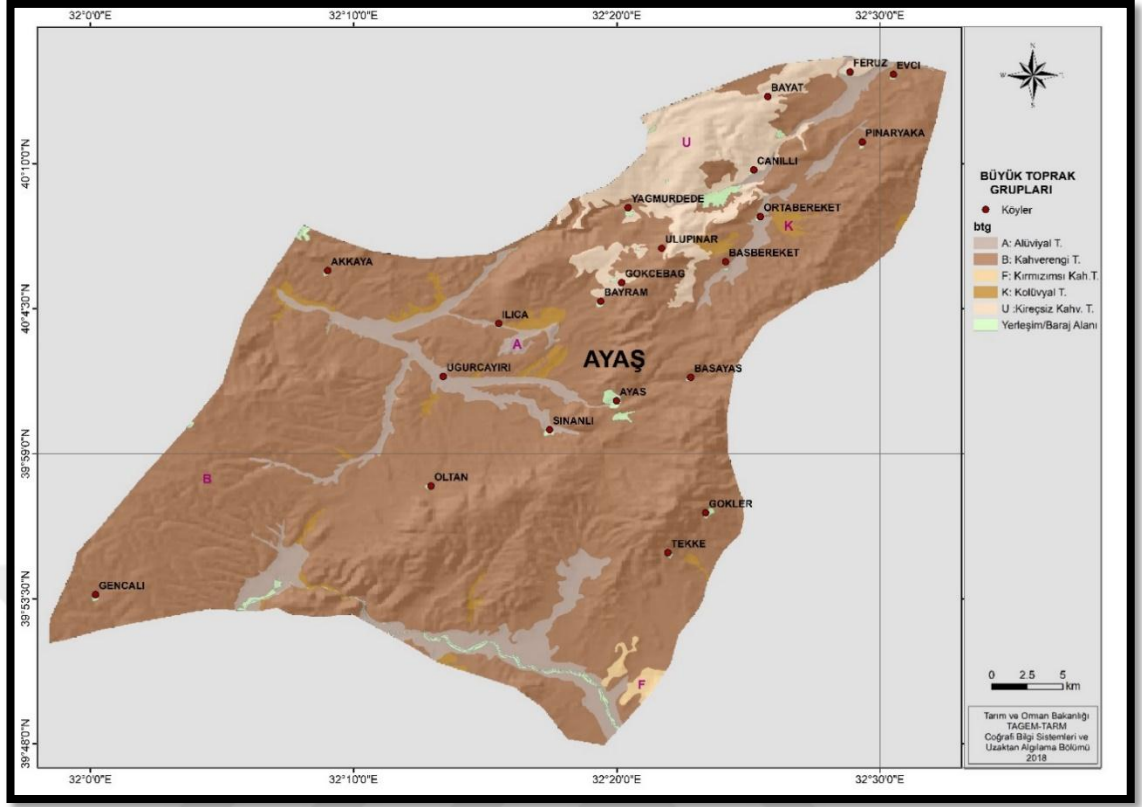


Şekil 4.11 Elmadag büyük toprak grupları haritası

(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü CBS Birimi)

Çizelge 4.1 Elmadag Büyük Toprak Grupları Dağılımı

ELMADAĞ		
BTG	Alan (ha)	%
A	1,370	2.16
B	36,886	58.26
CE	14	0.02
F	20,109	31.76
K	2,924	4.62
U	503	0.79
YerleşimveBaraj	1,512	2.39
Toplam	63,318	100.00



Şekil 4.12 Ayas büyük toprak grupları haritası

(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü CBS Birimi)

Çizelge 4.2 Ayas büyük toprak grupları dağılımı

AYAS

BTG	Alan (ha)	%
A	8,808	8.0
B	89,812	81.5
F	487	0.4
K	2,059	1.9
U	8,006	7.3
YerleşimveBaraj	1,043	0.9
Toplam	110,215	100.00

A: Alüvyal topraklar, akarsular tarafından taşınıp depolanan materyaller üzerinde C profilli genç, mineral içeriği heterojen olan topraklardır.

Profillerinde horizonlaşma ya minimal derecede belli olmaktadır fakat farklı özellikte katlar görülmektedir. Büyük kısmı yukarı kısımlardaki alanlardan yıkanan kireç bakımından zengin topraklardır.

Bu topraklarda üst toprak alt toprağa belirsiz şekilde geçişmektedir. İnce tekstürlü ve tabansuyu yüksek bölgelerde düşey geçirgenlik azdır.

Yüzey ise nemli ve organik madde bakımından zengindir. Alt toprak hafif seyreden bir indirgeme olayı hüküm sürer. Kaba tekstürlülerin iyi direne olması sebebiyle yüzey katları çabuk kurur.

B: Kahverengi topraklar, farklı ana maddelerden oluşan (ABC) profilli topraklar olup kalsifikasyon ile oluşmaktadırlar.

Bu sebepten ötürü profillerinde yüksek miktarda Ca bulunmaktadır. Erozyona uğrayanlarında A ve C horizonları görülür.

Doğal drenajları iyi olmakla beraber A1 horizonu kahverengi/gri kahverengi, 10-15 cm genişlikte ve granüllü yapıdadır. Organik madde içeriği orta seviyede olup reaksiyonu genellikle nötrdür.

B horizonu açıktan koyu kahverengiye doğru değişmektedir. Kaba yuvarlak köşeli blok yapıda olup bu horizon soluk kahverengi/gri zengin kireçli ana maddeye geçiş yapmaktadır.

Kahverengi topraklarda tüm profil kireçten oluşmaktadır. B horizonunun altında beyazımsı ve çoğunlukla sertleşmiş kireç birikme katı yer almakta olup bu topraklar daha ziyade kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunmaktadır. Üzerinde gelişen doğal bitki örtüsü kısa boylu otsu ve çalimsı bitkilerden oluşmaktadır.

Bitki ana besin maddeleri bakımından zengin olup doğal drenajları iyi derecededir. Alt toprağın alt kısmında genelde sertleşmiş kireç birikme katı yer almakta olup daha da altında jips birikme katı bulunabilmektedir. Bu toprak tipi yazın uzun süreler boyunca kuru kalmaktadır.

Yağışın büyük bir kısmı kış ve ilkbaharda gerçekleşir ve bu zamanlarda sıcaklık düşüktür. Bundan ötürü, ilkbahar ve sonbahardaki kısa dönemler dışında topraktaki biyolojik ve kimyasal aktiviteler oldukça yavaştır. Bu toprak yapısı tuzlu ve alkali olduğundan tarıma elverişli değildir (Anonim 1992).

F: Kırmızımsı Kahverengi topraklara, genellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde rastlanılmaktadır. Doğal bitki örtüsü otsu ve çalimsı bitkiler olup doğal drenajları iyidir. Biyolojik aktivite düşük olup doğal verimlilik yüksektir.

Yarı kurak karasal iklim şartlarının etkili olduğu step vejetasyonu altında oluşmuşlardır. Sıcaklığın fazla olması ve demirin iyi oksitlenmesini sağlaması sebebiyle toprak kırmızı renk almıştır. Bu toprak üzerinde genellikle tahıl tarımı yapılmaktadır.

Solumun rengi dışında neredeyse diğer tüm özellikleri kahverengi toprakların aynı veya benzeridir. A horizonu karakteristik olarak kırmızımsı kahverengi/kırmızı ve de yumuşak kıvamdadır.

B horizonu kırmızı/kırmızımsı kahverengi, daha ağır tekstürlü ve çok sıkıdır. B horizonunun altında ise kireç birikme zonu bulunmaktadır ve bu kısım yumuşak veya çimentolaşmış olabilir.

K: Kolüvyal topraklar, genel itibariyle dik eğimlerin eteklerinde ve vadi ağzlarında yer alırlar. Yerçekimi, toprak kayması, yüzey akışı ve yan derelerle taşınarak biriken materyaller üzerinde oluşmuş (A) C profilli genç topraklardır.

Nitelikleri açısından daha ziyade çevredeki arazi topraklarına benzeseler de temel materyalde derecelenme neredeyse yoktur.

Profilde, yağışın/yüzey akışın yoğunluğuna ve eğimine bağlı olarak farklı parça büyüklüğüne sahip katlar mevcuttur. Bu katlar, alüvyal topraklardaki gibi birbirine paralel değil düzensizdir. Aynı zamanda seyrek topraklıdır ve kaba molozları içermektedirler.

Yüzey akışı hızının azaldığı miktarda parçaların çapları küçülmektedir. Eğimin büyük miktarda azaldığı bölgelerde, parçacıklardaki küçülme neredeyse alüvyon parçaları seviyesine geldiği için böyle yerlerde kolüvyal toprak geçişli olarak alüvyal topraklara kavuşmaktadır.

Tek tip eğim söz konusu olup materyalin geldiği yöne doğru artmaktadır. Zaman zaman taşkına uğrasalar bile eğim ve tekstürden ötürü drenajları iyidir.

Tuzluluk, sodiklik gibi problemleri olmayıp doğal bitki örtüleri iklime göre değişmektedir. Yağış veya sulanma yeterliyse tarımda kullanılanlar verimlidir.

U: Kireçsiz kahverengi topraklar, A (B) C profilli topraklardır. A horizonu kahverengi, kırmızımsı kahverengi, grimsi kahverengi, yumuşak kıvamda veya biraz sıkıdır. B horizonu daha ağır bünyeli, daha sert kahverengi veya kırmızımsı kahverengidir.

B horizonunun kireci yıkanmıştır. Toprak reaksiyonu nötrdür. A'dan B'ye geçiş tedricidir.

Kireçsiz kahverengi topraklarda asit, ana madde üzerinde olduğu kadar kireçtaşı üzerinde de oluşabilir. Bitki örtüsü çalimsı ve otsu bitkiler ile yaprak döken ormanlardan oluşmakta olup doğal drenajları iyidir.

CE: Kestane rengi topraklar, yıllık ortalama yağışın 400 mm'den fazla, yıllık ortalama sıcaklığın ise 6-10 °C olduğu alanlarda bulunan organik madde açısından çok zengin topraklardır.

Taneli ve tahıl tarımına eğilimli olup göreceli olarak yıkanmış olduklarından için karbonat yönünden fakirdirler ve hafif asit reaksiyonu göstermektedirler.

4.4 Araştırma Bölgesinin İklimsel Özellikleri

İklim, sıcaklık, yağış, nem, hava hareketleri gibi öğelerden oluşan belli bir bölgedeki meteorolojik parametre ve süreçlerin belirlediği hava tiplerinin uzun zaman süresince saptanan ve mevsimleri karakterize eden ortalama durumudur.

Bu tanımlama tamamen fiziksel özelliklere dayanmakta olup diğer bazı araştırmacılar iklimi, biyolojik veya ekolojik olarak da tanımlamışlardır. Köppen iklimi, bitki, hayvan ve insanlar için dünyada yaşanabilir bir yerdeki atmosfer olaylarının tamamı olarak tanımlayarak biyolojik yönden tanımlamıştır (Akman 2011).

Her iklimin belirli bir bitki topluluğunu karakterize etmesiyle dünya üzerinde yaşam zonları ve bitkilerin dağılımları gerçekleşir. Bazen bazı iklimler belirli bir türün gelişmesine uygundur. Dolayısıyla biyoiklim, biyosferde çok sayıdaki ekosistemleri ve bu ekosistemlerde gelişen bütün canlıları ilgilendirmektedir (Akman 2011).

Biyologlar, bitki yaşamına etki eden faktörleri dolayısıyla ekolojik parametreleri göz önüne alarak iklim sınıflandırması yapmaktadırlar. Biyoiklimciler iklim sınıflandırmada değerlendirdikleri faktörler: (1) fotoperiyodizm (sadece günlük, sadece mevsimlik, günlük ve mevsimlik), (2) yıllık yağış miktarı (mevsimlere ve aylara dağılışı, kurak

mevsimin varlığı-yokluğu, dolayısıyla kuraklığın süresi ve şiddeti), (3) sıcaklık ritmi veya rejimi (maksimum-minimum sıcaklık ortalamaları, en sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (M) ile en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (m), (4) en sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması ile en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması arasındaki fark (M-m)'dir (Akman 2011).

Biyoklimsel sentez Emberger metoduyla, Ombro-Termik (yağış-sıcaklık) diyagramlar ise Gausseu metoduyla çizilerek kurak devrenin tespiti yapılmıştır.

4.4.1 Yağışlar

Yağış sıcaklıkla beraber iklim elemanlarının en önemlisidir. Bazı araştırmacılar yağışın yıllık önemini göz önüne alarak iklim sınıflandırması yapmışlardır (Akman 2011).

Yıllık yağışın;

- ✓ 120 mm'den az olduğu yerler çöl,
- ✓ 120-250 mm arasında olan yerler kurak,
- ✓ 250-550 mm arasında olan yerler yarı kurak,
- ✓ 550-1000 mm arasında olan yerler orta dereceli nemli,
- ✓ 1000-2000 mm arasında olan yerler ise çok nemli olarak nitelendirilir.

Yıllık yağış rejiminin aylara ve mevsimlere dağılışı şekline yağış rejimi denir. Yağış rejimi biyolojik açıdan son derece önemlidir. Bitkiler için yıllık yağış miktarı ve yağışın mevsimlere göre dağılışı da önemlidir. Çünkü vejetasyon, yağışın mevsimlere dağılışımdan veya kurak bir mevsimin bulunup bulunmamasından etkilenir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Uzun yıllar aylık toplam yağış ortalaması (mm)

	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ayaş	49.8	39.8	38.8	45.5	41.2	29.5	15	13.7	16.7	30.3	32.9	56.9	410.1
Elmadağ	33.0	33.3	38.1	55.7	58.6	38.1	22.3	12.2	15.1	31.4	41.0	59.1	437.9

Mevsimsel yağışlar

Yıllık yağış miktarının aylar ve mevsimler içindeki dağılışı ve kurak bir devrenin olup olmaması ve ayrıca bu devrenin süresi önemlidir.

Türkiye’deki yağış rejimi tipleri azalan yağış miktarlarına göre 4 mevsimin baş harfleri alınarak oluşturulur. Buna göre K (Kış), İ (İlkbahar), Y (Yaz) ve S (Sonbahar) şeklinde gösterilir (Akman 2011).

Elmadağ ve Ayaş Araştırma bölgelerinin her ikisinde de yağış rejimi İKSY olup alanlara ait iklim verilerinde yılın en yağışlı mevsimi ilkbahar iken iken en kurak mevsimi yaz olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Yağışın mevsimlere göre dağılışı ve yağış rejimleri

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Toplam	Yağış
	mm	mm	mm	mm	mm	rejimi
Ayaş	125.2	128.1	50.8	72.6	410.1	İKSY
Elmadağ	125.4	152.4	72.6	87.5	437.9	İKSY

4.4.2 Nispi nem

Belirli bir sıcaklıktaki havanın ihtiva ettiği su buharının o sıcaklıktaki bir havanın ihtiva edebileceği en fazla su buharına oranına nispi nem denir. Yani mevcut su buharı ile doyma miktarı arasındaki farktır; buna doyma açığı da denir ve % olarak gösterilir.

Nispi nem sıcaklıkla birlikte kullanılır ve nispi nemin günlük değişimi sıcaklıkla ters orantılıdır (Akman 2011).

Araştırma bölgelerinden Ayaş'ta uzun yıllar aylık ortalama nispi nem miktarı 48.3 ile 85.8 arasında değişmektedir (Çizelge 4.5).

Ayaş'ta bulunan araştırma istasyonlarını kapsayan alanlara ait iklim verilerinde nispi nemin en yüksek olduğu ay Ocak iken ortalama nispi nemin en düşük olduğu ay Temmuz ayıdır.

Araştırma bölgelerinden Elmadağ'da uzun yıllar aylık ortalama nispi nem miktarı 51.2 ile 88.8 arasında değişmektedir (Çizelge 4.5).

Elmadağ'da bulunan araştırma istasyonlarını kapsayan alanlara ait iklim verilerinde nispi nemin en yüksek olduğu ay Ocak iken ortalama nispi nemin en düşük olduğu ay Ağustos ayıdır.

Çizelge 4.5 Ortalama nispi nem (%)

	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ayaş	85.8	75.0	68.1	62.6	65.0	62.9	48.3	52.5	57.6	69.2	74.8	84.2	67.2
Elmadağ	88.8	83.9	80.1	71.0	70.4	65.3	53.1	51.2	52.5	68.8	73.0	80.5	69.9

Nispi nem düşük olduğunda su buharı açığı artacağından buharlaşma da artmaktadır. Bu durumda buharlaşma arttıkça nispi nemde azalma gözlenmektedir. Buharlaşmanın iklim üzerinde yadsınamaz bir etkisi vardır.

Nispi nem step vejetasyonun egemen olduğu İç Anadolu'da düşük, kıyı bölgelerimizde yüksektir. Bu nedenle İç Anadolu'da yazın buharlaşma ile su kaybı fazla olduğundan vejetasyonda kuruma gözlenmektedir. Ancak kök sistemi iyi gelişmiş türler toprağın derinlerine inerek suya ulaşır ve kurumadan etkilenmezler (Akman 2011).

4.4.3 Sıcaklıklar

Hava sıcaklığı yere ve zamana bağlı olarak değişen önemli bir iklim elemanı olup bitkilerin vejetasyon sürelerini etkilemeleri açısından önemlidir. Vejetasyon dönemi için eşik sıcaklık değeri olan +8 °C alınmaktadır. Bu ve bunun üstündeki sıcaklık değerleri vejetasyon süresi olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık 8 °C'nin altına düştüğü zaman vejetasyon süresi bitmiş olduğu kabul edilir (Atalay 1994).

Aylık ve yıllık ortalama sıcaklıklar

Ayaş araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıklar 0.8 °C ile 24.2°C arasında değişmekte olup bütün istasyonlarda ortalama sıcaklığın en fazla olduğu ay Ağustos iken ortalama sıcaklığın en az olduğu ay ise Ocak'tır. Elmadağ araştırma bölgesinde ise yıllık ortalama sıcaklıklar -3.2 °C ile 19°C arasında değişmekte olup bütün istasyonlarda ortalama sıcaklığın en fazla olduğu ay yine Ağustos iken ortalama sıcaklığın en az olduğu ay ise Ocak'tır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ayaş	0.8	4.5	7.5	11.3	16.4	20.2	24.1	24.2	18.8	11.9	6.0	1.2	12.2
Elmadağ	-3.2	-1.6	1.4	5.9	10.5	15.1	18.7	19.0	15.5	9.0	3.9	-0.4	7.8

Aylık ve yıllık minimum sıcaklık ortalamaları (m °C)

Ayaş araştırma istasyonunda en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (m) -3.5 °C ile 14.7 °C arasında değişmektedir. Alana ait uzun yıllar aylık ortalama minimum sıcaklık değerleri yorumlandığında en düşük değer Ocak ayındadır (Çizelge 4.7).

Elmadağ araştırma istasyonunda ise en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (m) - 5.7°C ile 14.2 °C arasında değişmektedir. Alana ait uzun yıllar aylık ortalama minimum sıcaklık değerleri yorumlandığında en düşük değer Ocak ayındadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Uzun yıllar aylık ortalama minimum sıcaklık değerleri (m °C)

	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ayaş	-3.5	-1.5	0.5	2.9	8.2	11.6	13.8	14.7	9.6	4.5	-0.5	-3.1	4.8
Elmadağ	-5.7	-4.3	-1.6	2.1	6.6	10.4	13.1	14.2	10.8	5.8	1.2	-2.8	4.2

Aylık ve yıllık maksimum sıcaklık ortalamaları (M °C)

Ayaş araştırma bölgesinde en sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (M) 6 °C ile 34.1 °C arasında değişmektedir. Alana ait uzun yıllar aylık ortalama maksimum sıcaklık değerleri yorumlandığında en yüksek değer Temmuz ayındadır (Çizelge 4.4.3.3).

Elmadağ araştırma bölgesinde en sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (M) 0.2 °C ile 25.2 °C arasında değişmektedir. Alana ait uzun yıllar aylık ortalama maksimum sıcaklık değerleri yorumlandığında en yüksek değer Ağustos ayındadır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Uzun yıllar aylık ortalama maksimum sıcaklık değerleri (M °C)

	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ayaş	6.0	11.8	14.9	19.8	24.4	30.9	34.1	33.2	28.5	20.9	14.6	6.7	20.5
Elmadağ	0.2	1.7	5.4	10.7	15.5	20.5	24.5	25.2	20.7	13.2	7.0	2.7	12.3

Toprak sıcaklıkları (°C)

Güneşten gelen enerjinin tutulması ve yansımaya bağlı olarak değişim gösteren toprak sıcaklığı, topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara etki eden önemli bir faktördür.

Toprak sıcaklığı uygun olduğunda topraktaki biyolojik ve kimyasal faaliyetler devam ederken sıcaklık düştükçe ve toprak donmaya başlayınca bu faaliyetler durmaktadır. Bu nedenle toprak sıcaklığı verimlilik açısından son derecede önemlidir.

Çimlenme hızı ve sürecinde de toprak sıcaklığının büyük etkisi bulunmaktadır. Ayrıca çimlenme ve gelişme için gereken en düşük ve en elverişli sıcaklık bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir.

Ayaş ve Elmadağ istasyonlarına ait maksimum, minimum ve ortalama toprak sıcaklık verileri çizelgede verilmiştir (Çizelge 4.9. - 4.10)



Çizelge 4.9 Ayaş istasyonuna ait toprak sıcaklıkları verileri

		AYLAR												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Uzun Yıllar	Mak. 5 cm toprak sıc.	10,2	12,2	22,8	30,2	33,9	43,8	49,0	47,0	42,4	36,0	20,2	11,6	49,0
Aylık	Mak. 10 cm toprak sıc.	8,8	9,9	17,2	26,2	31,4	33,8	37,4	37,8	34,0	25,4	15,9	10,6	37,8
Maksimum	Mak. 20 cm toprak sıc.	8,4	8,2	14,8	22,0	25,0	29,8	31,8	34,9	35,8	22,6	14,0	8,8	35,8
Toprak	Mak. 50 cm toprak sıc.	8,3	7,7	10,6	17,2	19,9	23,6	25,6	27,1	25,6	20,6	15,0	10,0	27,1
Sıcaklıkları (°C)	Mak. 100 cm toprak sıc.	9,7	8,3	9,6	13,2	16,2	19,5	21,5	22,4	22,4	20,4	16,5	12,5	22,4
	Min. 5 cm toprak sıc.	-9,0	-10,8	-6,0	1,2	4,8	9,4	13,2	10,7	4,0	-3,2	-7,5	-14,2	-14,2
Uzun Yıllar	Min. 10 cm toprak sıc.	-7,2	-9,6	-4,4	3,9	5,0	11,9	14,6	15,0	8,6	3,0	-1,6	-5,2	-9,6
Aylık Minimum	Min. 20 cm toprak sıc.	-5,8	-7,8	-4,2	4,6	6,2	14,0	15,3	15,2	11,8	6,4	-0,9	-4,8	-7,8
Toprak	Min. 50 cm toprak sıc.	0,0	-1,0	0,2	6,4	9,2	14,6	19,0	20,4	17,3	10,2	4,4	1,2	-1,0
Sıcaklıkları (°C)	Min. 100 cm toprak sıc.	4,5	3,5	3,6	6,2	9,6	13,6	17,4	19,2	18,2	14,2	9,4	6,5	3,5
	Min top. üstü min. sıc.	-27,2	-26,8	-25,0	-7,4	-5,4	0,8	1,0	3,2	-3,9	-10,8	-13,5	-22,4	-27,2
Uzun Yıllar	Ort. 5 cm toprak sıc.	-0,2	1,4	6,3	12,5	18,0	22,9	26,9	26,6	21,6	13,1	5,7	1,3	13,0
Aylık Ortalama	Ort. 10 cm toprak sıc.	0,6	1,9	6,4	12,6	17,9	22,6	26,2	26,0	21,4	13,8	6,6	2,3	13,2
Toprak	Ort. 20 cm toprak sıc.	1,0	1,8	5,8	11,7	16,8	21,4	24,8	24,7	20,8	14,0	7,1	2,9	12,7
Sıcaklıkları (°C)	Ort. 50 cm toprak sıc.	3,5	3,3	6,0	11,0	15,4	19,7	23,0	23,5	20,9	15,8	9,9	5,7	13,1
	Ort. 100 cm toprak sıc.	7,3	6,1	6,9	9,8	13,1	16,5	19,5	20,9	20,1	17,4	13,3	9,8	13,4

Çizelge 4.10 Elmadağ istasyonuna ait toprak sıcaklıkları verileri

		AYLAR												Yıllık
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Uzun Yıllar Aylık Maksimum Toprak Sıcaklıkları (°C)	Mak. 5 cm toprak sıc.	25.5	9.4	14.0	21.8	28.4	54.8	50.4	49.2	45.2	31.6	14.2	24.6	54.8
	Mak. 10 cm toprak sıc.	25.6	5.1	8.1	16.3	21.3	44.7	45.9	41.2	39.0	26.4	11.8	24.6	45.9
	Mak. 20 cm toprak sıc.	26.2	4.0	6.5	14.5	19.1	40.4	43.2	38.0	37.3	24.7	11.3	25.0	43.2
	Mak. 50 cm toprak sıc.	26.2	3.9	5.9	12.5	14.1	34.4	36.7	34.3	33.2	20.6	10.5	26.9	36.7
	Mak. 100 cm toprak sıc.	29.2	4.9	5.2	9.5	12.8	31.7	34.4	32.1	31.7	19.5	11.2	28.7	34.4
Uzun Yıllar Aylık Minimum Toprak Sıcaklıkları (°C)	Min. 5 cm toprak sıc.	-9.1	-6.8	-6.8	-7.9	1.4	4.1	8.2	6.8	-4.5	-0.5	-3.0	-8.9	-9.1
	Min. 10 cm toprak sıc.	-5.7	-6.8	-6.8	-6.5	2.5	5.8	10.1	10.1	9.0	-2.1	1.4	-1.9	-6.8
	Min. 20 cm toprak sıc.	-5.2	-6.4	-6.5	-5.9	3.9	6.4	11.2	9.8	5.8	3.2	-1.4	-2.7	-6.5
	Min. 50 cm toprak sıc.	-0.6	0.0	-4.8	-6.1	4.5	6.4	1.0	9.8	11.0	5.3	1.2	0.5	-6.1
	Min. 100 cm toprak sıc.	1.3	1.0	1.0	0.4	5.1	9.7	12.9	16.9	13.2	9.0	3.7	2.1	0.4
	Min top. üstü min. sıc.	-16.1	-8.2	-12.7	-39.4	-18.4	1.6	5.5	4.9	-0.7	-6.5	-9.7	-14.8	-39.4
Uzun Yıllar Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları (°C)	Ort. 5 cm toprak sıc.	-0.6	-0.4	-0.6	5.3	12.5	17.2	23.1	20.3	15.7	9.1	1.9	-0.3	8.6
	Ort. 10 cm toprak sıc.	-0.4	-0.4	-0.6	4.9	11.8	16.2	21.1	19.7	16.2	9.6	2.6	0.3	8.4
	Ort. 20 cm toprak sıc.	0.1	0.0	-0.3	4.9	11.6	15.9	21.1	19.8	18.1	10.1	3.3	0.8	8.8
	Ort. 50 cm toprak sıc.	1.7	1.3	1.5	5.0	11.0	15.2	20.1	20.0	18.5	11.9	5.4	2.7	9.5
	Ort. 100 cm toprak sıc.	3.3	2.4	2.2	4.5	9.6	13.5	17.5	19.0	17.7	13.0	7.7	4.6	9.6

4.4.4 Rüzgar

Hava hareketlerinin kökenine bağlı olarak iklimsel karakterlerin taşınmasını sağlayan rüzgar, yeryüzünde yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru yatay bir hava akımı oluşturur. Rüzgarın yönü, şiddeti ve frekansı (esme sıklığı) en önemli özellikleridir.

Sürekli esen rüzgarlar, terlemeyi arttırarak su kaybına neden olarak vejetasyon üzerinde fizyolojik etkilere neden olmaktadır. Bitkiler bu durumdan negatif etkilenmemek için bazı adaptasyonlar kazanırlar.

Örneğin, yüksek dağlarda şiddetli rüzgarın etkisini en aza indirmede bitki bodur ve keçe gibi tüylü bir yapı kazanır. Özellikle kutuplarda çok yüksek yerlerde ağaç sınırını belirleyen birinci etmen rüzgardır.

Rüzgar, bitkiler için sadece fizyolojik etki değil aynı zamanda mekanik etkiler de göstermektedir. Şiddetli rüzgar ağaçlarda bayraklanma, rüzgar erozyonu veya çiçek tozlaşması da meydana gelmektedir.

Ayaş araştırma bölgesine ait rasat sonuçlarına göre aylık ortalama rüzgar hızı 1.2 m/sn ile 2.1 m/sn arasında değişmektedir. Elmadağ araştırma bölgesine ait rasat sonuçlarına göre ise aylık ortalama rüzgar hızı 4.4 m/sn ile 5.2 m/sn arasında değişmektedir (Çizelge 4.11).

Ayaş araştırma bölgesine ait rasat sonuçlarında en hızlı ve en çok esen rüzgarın yönü E (doğu)'dir (Çizelge 4.12).

Rüzgar güllerinin çizilmesi ile hakim rüzgar yönleri E (doğu), ESE (doğu-güney-doğu), SSW (güney-güney-batı), WSW (batı-güney-batı), WNW (batı-kuzey-batı) şeklindedir (Şekil 4.13).

Elmadağ araştırma bölgesine ait rasat sonuçlarında en hızlı ve en çok esen rüzgarın yönü NW(kuzey-batı)'dir (Çizelge 4.13).

Rüzgar güllerinin çizilmesi ile hakim rüzgar yönleri E (doğu), SSE (güney güney-doğu), SW (güney-batı), NW (kuzey-batı), NNW (kuzey kuzey-batı) şeklindedir (Şekil 4.14).

Çizelge 4.11 Ortalama rüzgar hızı (m/s)

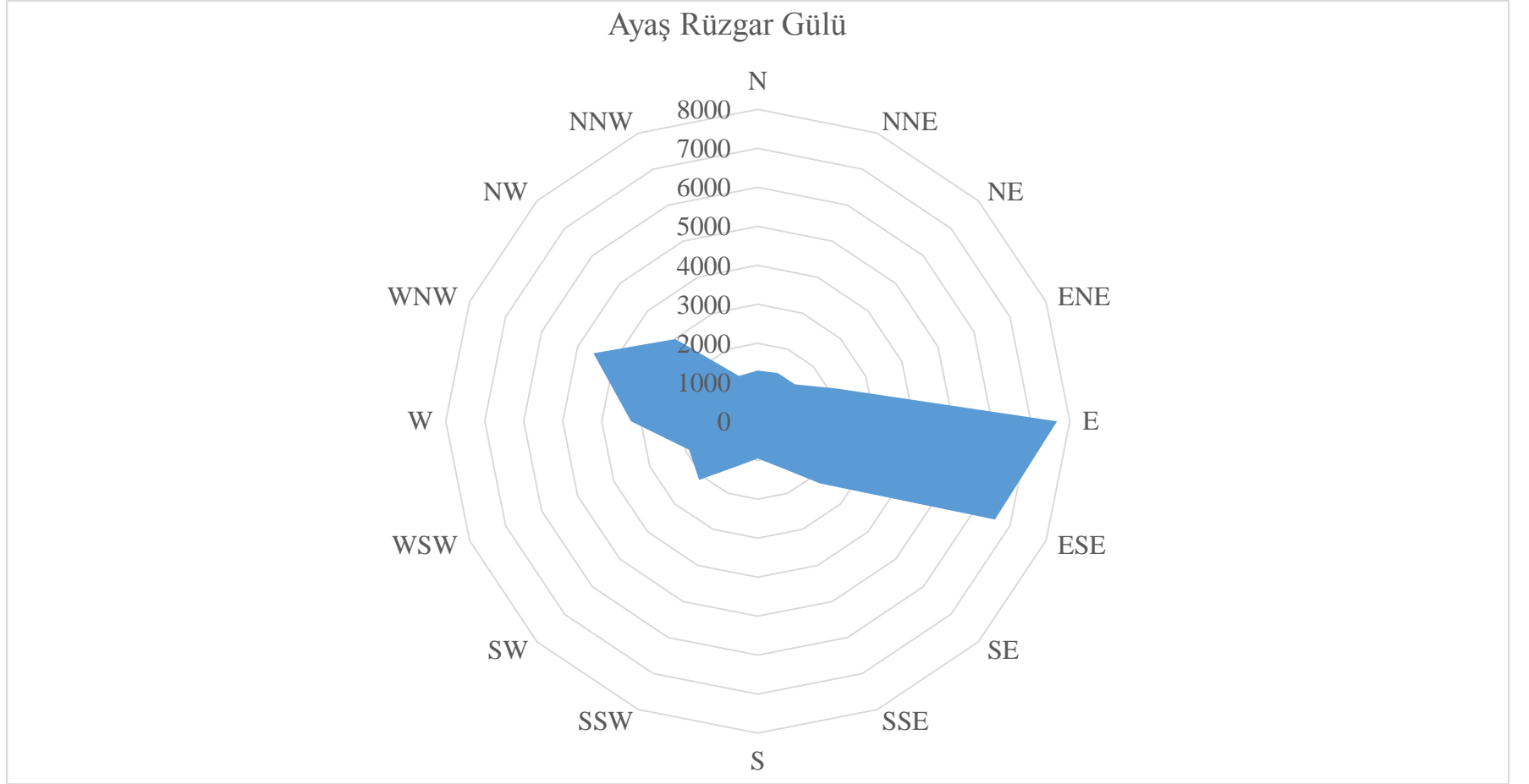
	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ayaş	1.5	1.6	1.9	1.9	1.8	1.8	2.1	1.9	1.6	1.3	1.2	1.3	1.7
Elmadağ	4.4	4.7	5.3	4.9	4.8	4.6	5.2	5.0	4.5	4.8	4.9	4.9	4.8

Çizelge 4.12 Ayaş iline ait rüzgar verileri

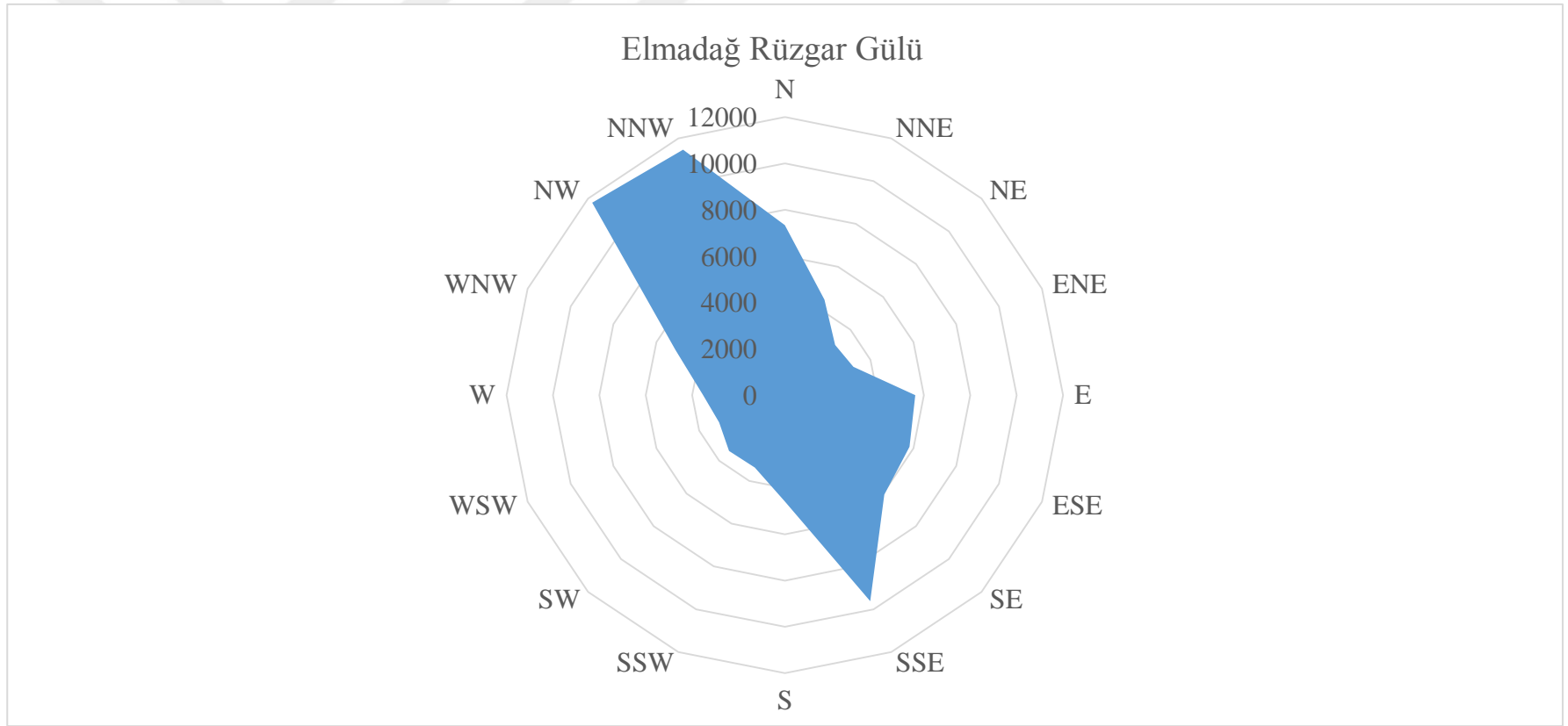
Rüzgarın Yönü	Esme Say.
N	1303
NNE	1341
NE	1343
ENE	2196
E	7672
ESE	6582
SE	2252
SSE	1234
S	954
SSW	1224
SW	2125
WSW	1908
W	3249
WNW	4561
NW	2984
NNW	1260

Çizelge 4.13 Elmadağ iline ait rüzgar verileri

Rüzgarın Yönü	Rüzgarın Esme Say.
N	7339
NNE	4462
NE	3066
ENE	3199
E	5624
ESE	5819
SE	6066
SSE	9622
S	4586
SSW	3381
SW	3404
WSW	3068
W	3524
WNW	5108
NW	11749
NNW	11467



Şekil 4.13 Ayaş meteoroloji verilerine ait rüzgar gülü



Şekil 4.14 Elmadağ meteoroloji verilerine ait rüzgar gülü

4.4.5 Biyoiklimsel Sentez

Dünyayı çeşitli iklim bölgelerini ayırmak ve sınıflandırmak için birçok araştırmacı bir takım iklim prensipleri ve iklim formülleriyle orjinal çözüm yolları aramışlardır.

Emberger adlı araştırmacı daha çok Akdeniz iklimi ve bunun sorunları üzerinde durmuştur. Ayrıca Daget ve Akman'ın değerli katkılarıyla da Emberger metodu biraz daha geliştirilmiştir (Akman 2011).

Ülkemizin yaklaşık üçte ikisi Akdeniz ikliminin etkisi altında olduğundan Emberger'in biyoiklim prensipleri ülkemizi de ilgilendirmektedir. Akdeniz iklimi, fotoperiyodizmi günlük ve mevsimlik olan, yağışları soğuk veya nispeten soğuk mevsimlere toplanmış, kurak mevsimi yaz olan ve bu yaz kuraklığı yaz sıcaklığı ile uyuşan tropikal dışı bir iklimdir. Daima mevcut bir kurak devre ve kurak devreyle beraber çok az miktarda yaz yağışının görülmesi vejetasyon için son derece önemli ekolojik bir faktördür (Akman 2011)

Ayaş ve Elmadağ araştırma bölgelerinin iklimini tanımlamak için istasyonlarına ait veriler çizelge 4.14'de özetlenmiştir.

Emberger kuraklık indisi ($S=PE/M$, Yaz yağışı ortalaması/En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması) Ayaş istasyonunda 1.7; Elmadağ istasyonunda ise 2.8 olarak tespit edilmiştir.

Bilindiği gibi S değerleri 5'ten küçük olduğunda iklim Akdenizli, 5 ile 7 arasında Yarı-Akdeniz ve 7'den büyük olduğunda Akdenizli değildir. Bu durumda her iki araştırma bölgesinde de S değerleri 5'ten küçük olduğundan Akdeniz ikliminin etkisi altındadır.

Ayrıca her iki araştırma bölgesinin de yağış rejimi I. K. S. Y. olup Doğu Akdeniz yağış rejiminin 2. tipi görülmektedir.

Çizelge 4.14 Araştırma bölgelerine ait Q ve m değerlerine göre biyoiklim katları ve tipleri

Araştırma Bölgesi	Q	m (°C)	Biyoiklim
Ayaş	37.79	-3.5	Yarı kurak alt çok soğuk
Elmadağ	50.6	-5.7	Yarı kurak üst çok soğuk

Q değeri ne kadar büyükse iklim o kadar nemli, ne kadar küçükse iklim o derece kuraktır.

Q ve P değerine göre Akdeniz iklimleri şu biyoiklim katlarına ayrılır:

- $Q < 20$; $P < 300$ mm: Çok kurak Akdeniz iklimi
- $Q = 20-30$; $P = 300-400$ mm: Kurak Akdeniz iklimi
- $Q = 32-63$; $P = 400-600$ mm: Yarı kurak Akdeniz iklimi
- $Q = 63-98$; $P = 600-800$ mm: Az yağışlı Akdeniz iklimi
- $Q > 98$; $P > 1000$ mm: Yağışlı Akdeniz iklimi

Bu iklim katlarının her biri özel bir vejetasyon tipine karşılıktır. m genel bir şekilde donlu devrelerin süresini ifade eder. m değeri ne kadar küçükse soğuk devre o kadar uzundur.

m değerinin sıfırdan büyük veya küçük oluşuna göre Akdeniz biyoiklim tipleri:

$m > 0$ °C olduğunda,

m > 10 °C olduğunda: çok sıcak Akdeniz iklimi

m; 10 °C ve 7 °C arasında: sıcak Akdeniz iklimi

m; $4,5$ °C ve 3 °C arasında: yumuşak Akdeniz iklimi

m; 3 °C ve 0 °C arasında: serin Akdeniz iklimi

$m < 0$ °C olduğunda,

m < -10 °C olduğunda: kışı buzlu

m; -10 °C ve -7 °C arasında: kışı son derece soğuk

m; -7 °C ve -3 °C arasında: kışı çok soğuk

m; -3 °C ve 0 °C arasında: kışı soğuk

Emberger yağış-sıcaklık emsali ($Q=2000 \times P/(M^2-m^2)$), en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (m) ile birlikte kullanıldığında ekolojik bir önem arz etmektedir. Bu iki değer birlikte değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Biyoiklimsel sentez

	Yük (m)	P (mm)	M	m	PE	Q	S	Yağış rejimi	Biyoiklim
Ayaş	1807 m	410.1	34.1	-3.5	58.2	50.06	1.7	İKSY	Yarı Kurak Üst Çok Soğuk
Elmadağ	671 m	437.9	25.2	-5.7	72.6	37.79	2.8	İKSY	Yarı Kurak Alt Çok Soğuk

P: Yıllık ortalama yağış

M: En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (°C)

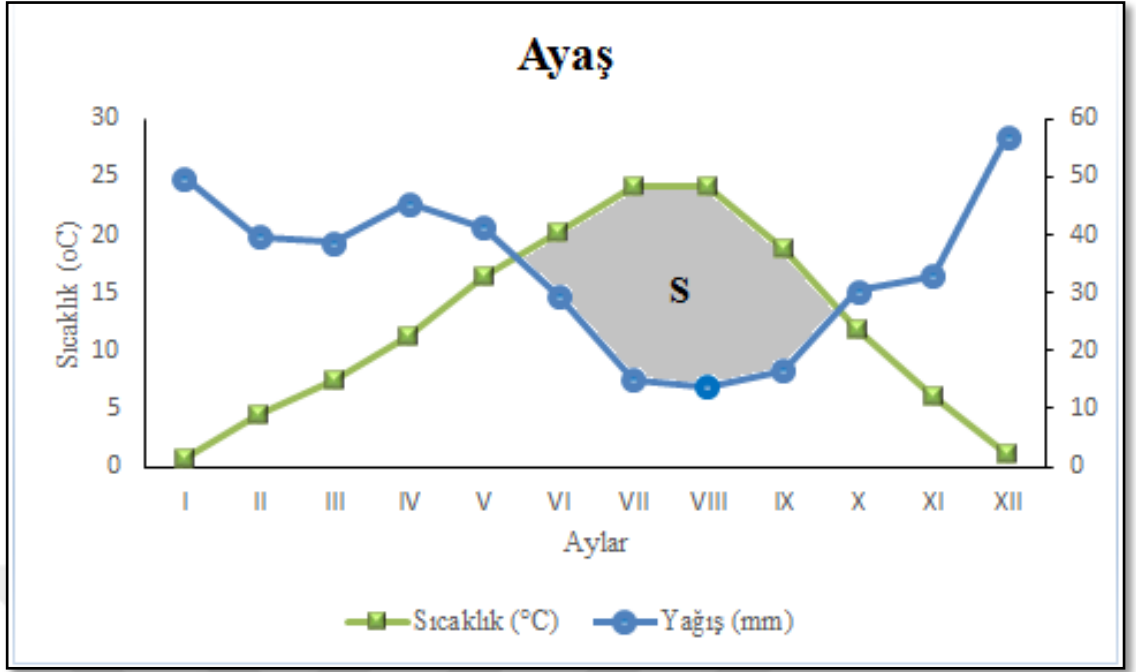
m: en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (°C)

PE: Yaz yağışı (mm)

S: Kuraklık indisi $S=PE/M$

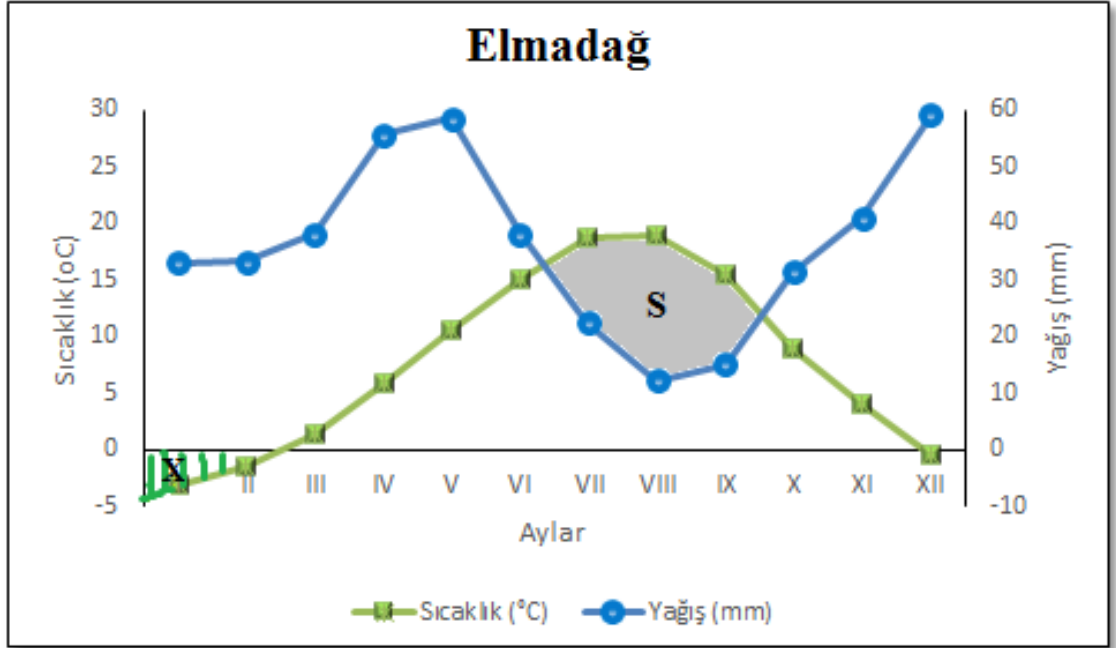
Q: Yağış-Sıcaklık emsali $Q=2000 \times P/(M^2-m^2)$

Araştırma bölgesine ait ombro-termik diyagramlardan (yağış-sıcaklık) görüleceği gibi kurak devre Ayaş istasyonunda Mayıs-Haziran ayları arasında başlayıp Eylül ayının sonlarına kadar (Şekil 4.15); Elmadağ'da ise Haziran-Temmuz ayları arasında başlayıp Eylül ayının ortalarına kadar devam etmektedir. Ayrıca Ocak ayında başlayıp Şubat başlarına kadar süren mutlak donlu evre söz konusudur (Şekil 4.16).



Şekil 4.15 Ayaş istasyonuna ait Ombro-Termik diyagram

(S=kurak devre)



Şekil 4.16 Elmadağ istasyonuna ait Ombro-Termik diyagram

(S=kurak devre; X= Mutlak donlu ay)

4.5 Araştırma Bölgesinin Flora ve Vejetasyonu

Kıtasal levhaların ve fay hatlarının sıkışma zonlarında oluşan, demir, nikel ve magnezyum bakımından zengin olan serpantin kayaçlar ultramafik serinin bir üyesidir.

Serpantinli toprakların floristik yapısına yönelik ilk çalışmalar yabancı araştırmacıların 1900'lerin başından itibaren dikkatini çekmeye başlamıştır.

Wallace'ın aşağıdaki sözü botanikçilerin dikkatini serpantin seriye daha da odaklanmasına neden olmuştur.

"The red-rock forest may seem hellish to us, but it is a refuge to its flora. It is the obdurate physical adversity of things such as peridotite [serpentine] bedrock which often drives life to its most surprising transformations."

Wallace, 1983

Kaliforniya'nın yaklaşık % 1.5'inin ultramafik kayaçlardan (6000 km² / 406.280 km²) oluşuyor olması nedeni ile serpantin flora ve vejetasyonuna yönelik ilk çalışmalar burada başlamıştır.

Ilıman kuşağın en zengin florası Kaliforniya serpantin florasıdır ve büyük ölçüde serpentine özgü türlerden oluşur.

Serpantin endemizmi, Kaliforniya florasının çeşitliliğinin önemli bir özelliğidir (Raven ve Axelrod 1978, Kruckeberg 2002).

Kaliforniya'ya özgü yaklaşık 1410 türden, yaklaşık 200'ünün serpentine endemik olması araştırmacıların serpantin endemizmi'ne odaklanmalarına neden olmuştur (Kruckeberg 1984; Hickman 1993).

Bunun sonucunda dünyanın birçok yerinde serpantin florasına yönelik çalışmalar hızla artmıştır.

Dünyadaki bu gelişmelere paralel olarak özellikle araştırma bölgemize de çok yakın bir alanda Kılınç (1974) tarafından “Kırıkkale-Kalecik ve Elmadağ arasındaki serpantin formasyonu üzerine ekolojik ve sosyolojik bir araştırma, Bitki 1-4, 479-521” adlı araştırma gerçekleştirilmiştir.

Yurdumuzda serpantinofit türlerin hiperakümülyasyonuna yönelik ilk çalışma ise saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yıldırım Akman’ın da yer aldığı “Books, R.R., Morrisoh, R.R., Reeves. R.D., Dudley, T.R., and Akman, Y., 1979-Hyperaccumulation of nickel by *Alyssum* L. (*Cruciferae*). Proe. R. Soc. Lond.B. 303-387-403” adlı çalışma ile gerçekleştirilmiştir.

Yurdumuzdaki serpantinofit ve serpantinovagların tespitine yönelik ilk çalışma “Kurt L., Özbey B.G., Kurt F., Özdeniz E., Bolukbasi A., 2013. *Serpentine Flora of Turkey. Biological Diversity and Conservation. 6/1 (2013) 134-152.*” adlı çalışmadır. Daha sonra “Özdeniz E ., Özbey B.G., Kurt L., Bölükbaşı A. *Serpantin Ekolojisi ve Türkiye Serpantin Florası’na Katkıları. 2017. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 5 (1) 22–33.*” adlı çalışma gerçekleştirilmiştir.

Araştırma bölgesi ve yakın çevresinde çok sayıda floristik ve sosyolojik araştırma gerçekleştirilmiştir.

Bunlardan başlıcaları;

- ✓ Akman Y, Ketenoğlu O, Quezel P, Demirörs M (1984) A syntaxonomic study of steppe vegetation in Central Anatolia. *Phytoecologia* 12(4), 563-584. Stuttgart.
- ✓ Akman,Y.,1972a Flora of Beynam Forest. *Comm. de la rac. des Sc. d’Ank. Serie C, Tome 16.*

- ✓ Akman, Y., 1972b The vegetation of Beynam Forest. Comm. de la Fac. des Sc. d'Ank. Serie C, Tome 16.
- ✓ Çetik R (1965) A study on the range vegetation of Lalahan Zootečni Institut, Polatlı, Altınova Dev. Ür. Çift. Comm. Fac. Sci., Univ., Ankara C 20, 35-61.
- ✓ Shwarz O (1936) Die Vegetationssigliederung West Anatoliens:, Bot. Jharb., 67, 297-436.
- ✓ Vural M, Yaman M, Şahin B (2007) Büyükhemit Deresi ve Civarının (Delice-Kırıkkale) Vejetasyonu., Ekoloji Derg. 16, 64, 53-62.
- ✓ Yurdakulol E, Aydoğdu M, Çetin B (1990) Kırıkkale-Kalecik-Kırşehir arası step vejetasyonunun bitki sosyolojisi yönünden araştırılması, Doğa-Tr. J. of Botany, 14, 215-234.

Araştırma bölgesinin içinde yer aldığı İç Anadolu bölgesinin hemen tamamı step vejetasyonu ile kaplıdır. Step; yazın kuruyan, kışı dinlenme halinde geçiren, genellikle asidik olmayan topraklar üzerinde gelişen antropojen karakterli sekonder bir vejetasyon tipi olup primer olan Akdenizli ormanların yerini almıştır.

İç Anadolu stebi foristik bakımdan oldukça zengindir. İç Anadolu stebinde özellikle bunun kuzey kısımlarında 3. Jeolojik zamana ait Akdeniz kökenli bitkiler oldukça fazladır.

Ancak tahribatın arttığı ve iklimin daha da kuraklaştığı güney kısımlarında özellikle horozibiğigiller (*Amaranthaceae/Chenopodiaceae*) ile kardikenigiller (*Plumbaginaceae*) ailelerinden İran-Turan bitki coğrafyası kökenli bitkiler çoğunluktadır (Kurt vd. 2006).

İç Anadolu stebinde baklagiller (*Fabaceae*), ballıbabagiller (*Lamiaceae*), sarıcaotugiller (*Scrophulariaceae*), karanfilgiller (*Caryophyllaceae*), turpgiller (*Brassicaceae*), hodangiller (*Boraginaceae*) ve ladengiller (*Cistaceae*) en çok türe sahip familyalardır.

Araştırma bölgesinin de içinde yer aldığı İç Anadolu stebinde sıkça rastlanan karakteristik türlerden bazıları şunlardır; *Achillea sieheana*, *A. phrygia*, *Euphorbia macroclada*, *Isatis glauca*, *Globularia orientalis*, *Linum hirsutum*, *Moltkia aurea*, *Peganum harmala*, *Phlomis armeniaca*, *Teucrium orientale*, *T. polium*, *Astragalus microcephalus*), keçi geveni (*A. angustifolius*, *A. condensatus*, *Acantholimon acerosum*, *Artemisia santonicum*, *Ebenus hirsuta*, *Onobrychis tournefortii*, *O. oxyodonta* var. *armena*, *Thymus leucostomus*, *T. sipyleus*, *Stipa lessingiana*, *S. hohenackeriana*, *Bromus tomentellus*, *Dactylis glomerata*, *Allium scorodoprasum*, *Convolvulus compactus*, *C. holosericeus*, *Verbascum vulcanicum*.

Hareketli yamaçlarda (Şekil 4.17) örtüş çok düşük olup *Alyssum desertorum* başta olmak üzere *Alyssum* sp. (Şekil 4.18), *Aethionema* sp., *Centaurea virgata*, *C. urvillei* gibi türler yaygındır. Eğimin kısmen az olduğu alanlarda ise *Convolvulus compactus* (Şekil 4.19), *Astragalus macrocephalus* ve *Globularia* sp. gibi kamefitler yaygın ve dominant durumdadır.

Yer yer bu kamefitlere *Amygdalus orientalis*, *Berberis crataegyna*, *Rhamnus rhodopea* gibi çalı türleri de iştirak etmektedir.

Bununla birlikte araştırma bölgesinde serpantinli topraklarda yayılış gösteren step vejetasyonu magnezyum toksisitesi ve yüksek demir-nikel konsantrasyonu nedeni ile örtüş-bolluk oranı çok düşüktür (Şekil 4.5.4; Şekil 4.5.5). Genellikle magnezyum toksisitesine dirençli *Brassicaceae* ve *Asteraceae* türlerinin çoğunlukta olmasıyla karakterize edilir.



Şekil 4.17 Serpantin yamaçlar



Şekil 4.18 Serpantin üzerinde *Alyssum* sp.



Şekil 4.19 Serpantin üzerinde *Convolvulus compactus*



Şekil 4.20 Serpantin habitatlardaki bitki örtüşü



Şekil 4.21 Serpantin habitatlardaki bitki yayılışının genel görünümü

4.6 Araştırma Bölgesinin Fitocoğrafik Özellikleri

Araştırma bölgesi fitocoğrafik açıdan Holoarktik alemin, Tetis Alt alemine bağlı B. Asya alt bölgesine ait Orta Anadolu provensine dahil edilir.

İç Anadolu, İran-Turan Bölgesi'nin batı ucunda kalmakta olup iki komşu bölgenin yani Akdeniz ve İran-Turan bölgelerinin çakışma noktasıdır.

Takhtajan (1986) İran-Turan Flora Bölgesi'nin B. Asya Alt bölgesini sekiz eyalete ayırmıştır. Bunlardan Mezopotamya, Orta Anadolu, Doğu Anadolu-İran eyaletleri Türkiye florası ile ilgilidir.

İç Anadolu stebinde Akdeniz ile İran-Turan endemikleri birbirleri ile karışmış durumdadır. İç Anadolu endemik florasında İran-Turan florası ile Doğu Akdeniz florasının etkileri bulunmaktadır. Ancak İran-Turan florası İç Anadolu florasını etkilemeden evvel, İç Anadolu yaylası tipik olarak Akdenizli idi (Takhtajan 1986).

Bu sebeple bugün İç Anadolu'da bitki coğrafyası bakımından büyük bir değişim söz konusudur ve gün geçtikçe Akdenizli türlerin yerini İran-Turan kökenli bitkiler almaktadır.

İç Anadolu'daki step toplulukları, bitki sosyolojisi bakımından *Astragalo-Brometea* sınıfına bağlanır (Kurt vd. 2006).

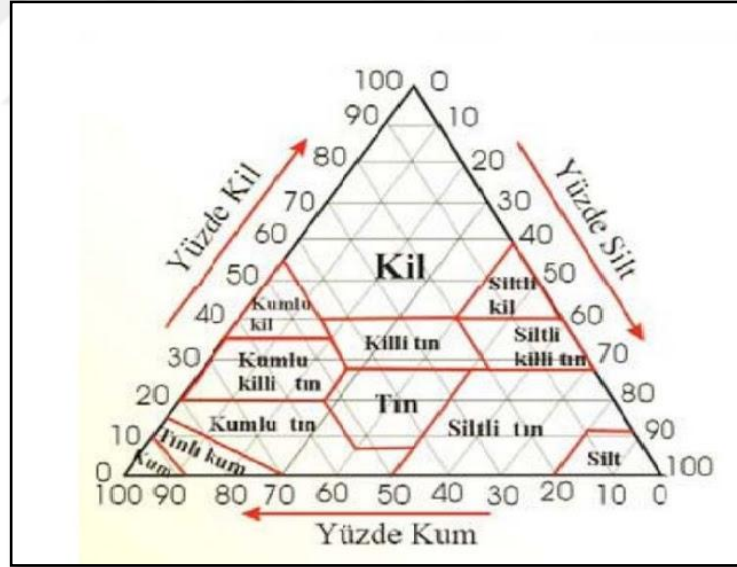
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizi sonucu elde edilen bulgular

5.1.1 Tekstür (Bünye) Analizi Bulguları

Toprak örneklerinin tekstür sınıflandırmasına bakıldığında (Şekil 5.1, Çizelge 5.1), serpantin üzerinde alınan örneklerin sınıfları kumlu tın, tınlı kum, kum şeklinde değişim gösterirken serpantin dışından alınan örneklerin hepsi kumlu killi tın ve kumlu tın sınıflarından oluşmaktadır (Şekil 5.2 - 5.3, Çizelge 5.2).

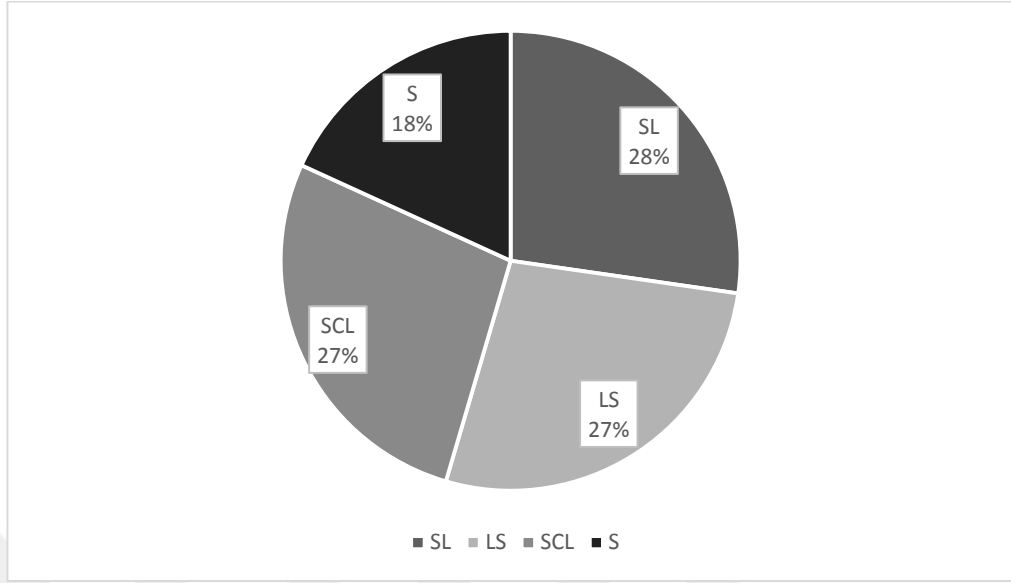
Serpantinli toprak örneklerinin hepsinde de kum ve silt oranı serpantin dışı toprak örneklerine göre daha fazla iken kil oranı tam tersidir.



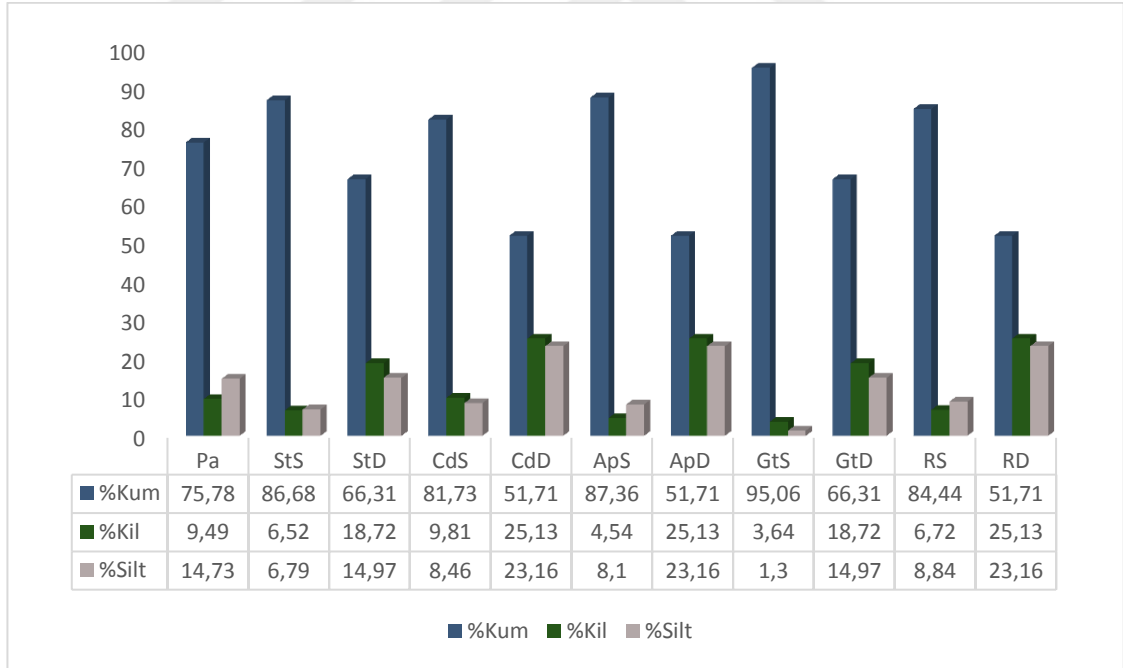
Şekil 5.1 Tekstür (Bünye) Üçgeni (Anonymus 1990)

Çizelge 5.1 Tekstür sınıflandırması (Ülgen ve Yurtsever 1974)

Tekstür	Kum	Tın	Killi tın	Kil	Ağır kil
	0-30	30-50	50-70	70-110	>110



Şekil 5.2 Toprak örneklerinin tekstür sınıfları dağılımı



Şekil 5.3 Toprak örneklerinin tekstürü

Çizelge 5.2 Toprak örneklerinin tekstür analizi bulguları

İst. No	Kod	% Kum	% Kil	% Silt	Tekstür Sınıfı	Kodu
B12	Pa	75,78	9,49	14,73	Kumlu Tın	SL
B8	StS	86,68	6,52	6,79	Tınlı Kum	LS
B16	StD	66,31	18,72	14,97	Kumlu Tın	SL
B10	CdS	81,73	9,81	8,46	Tınlı Kum	LS
B17	CdD	51,71	25,13	23,16	Kumlu Killi Tın	SCL
B11	ApS	87,36	4,54	8,10	Kum	S
B17	ApD	51,71	25,13	23,16	Kumlu Killi Tın	SCL
B14	GtS	95,06	3,64	1,30	Kum	S
B16	GtD	66,31	18,72	14,97	Kumlu Tın	SL
B13	RS	84,44	6,72	8,84	Tınlı Kum	LS
B17	RD	51,71	25,13	23,16	Kumlu Killi Tın	SCL

5.1.2 Toprak Reaksiyonu (pH) Analizi Bulguları

Toprak örneklerinin analiz sonuçları literatürdeki pH sınıflandırma esaslarına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 5.3).

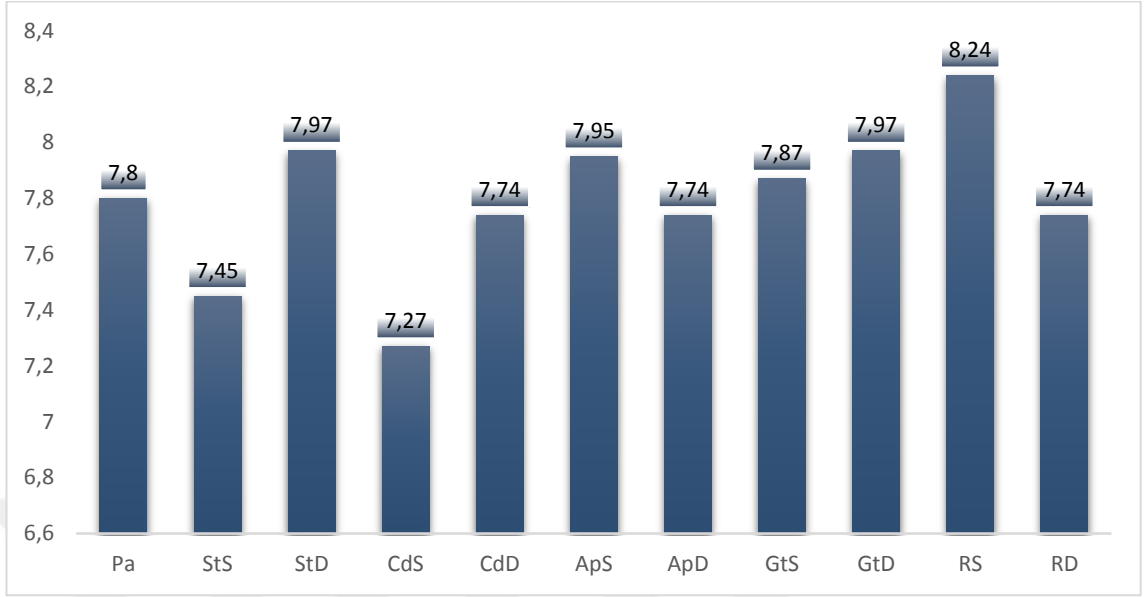
Çizelge 5.3 pH sınıflandırması (Richards 1954, Ülgen ve Yurtsever 1974)

	Kuvvetli asit	Orta asit	Hafif asit	Nötr	Hafif alkali	Kuvvetli alkali
pH	<4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.5	>8.5

Serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinde pH dağılımı hafif alkali veya nötr iken serpantin dışından alınan tüm toprak örnekleri hafif alkali sınıfına girmektedir (Çizelge 5.4, şekil 5.4).

Çizelge 5.4 Toprak örneklerinin pH analizi bulguları

İst. No	Kod	pH	Sınıfı
B12	Pa	7,80	Hafif alkali
B8	StS	7,45	Nötr
B16	StD	7,97	Hafif alkali
B10	CdS	7,27	Nötr
B17	CdD	7,74	Hafif alkali
B11	ApS	7,95	Hafif alkali
B17	ApD	7,74	Hafif alkali
B14	GtS	7,87	Hafif alkali
B16	GtD	7,97	Hafif alkali
B13	RS	8,24	Hafif alkali
B17	RD	7,74	Hafif alkali



Şekil 5.4 Toprak örneklerinin pH'ları

5.1.3 Elektriksel İletkenlik (EC) Analizi Bulguları

Çizelge 5.5 Tuzluluk sınıflandırması (Richards 1954, Ülgen ve Yurtsever 1974)

	Tuzsuz	Hafif Tuzlu	Orta Tuzlu	Çok Tuzlu
Tuz %	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	>0.65

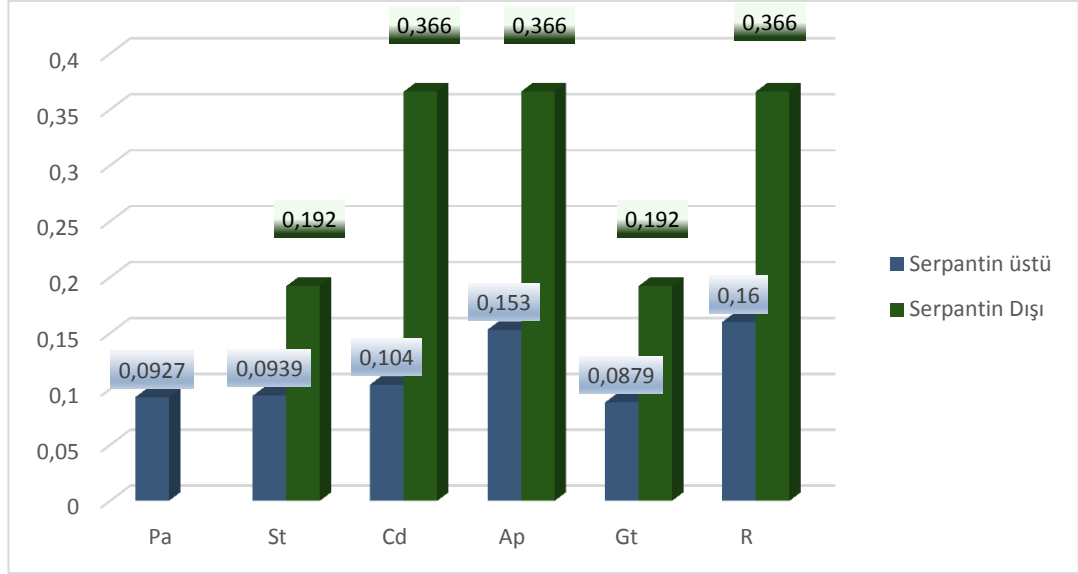
Toprak örneklerinin analiz sonuçları literatürdeki EC sınıflandırma esaslarına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 5.5).

Toprak örneklerinin elektriksel iletkenliğine bakıldığında, serpantin dışından alınan tüm örneklerde tuz miktarının serpantin üzerinden alınan örneklere göre arttığı belirlenmiştir (Çizelge 5.6, Şekil 5.4).

Tuzluluk arttıkça toprağın su tutma kapasitesi azalmaktadır, böylelikle bitkinin kullanımına hazır su miktarı da azalmaktadır. Bu durum bitkinin gelişimini ozmotik ve toksik etkisinden dolayı sınırlandırmaktadır.

Çizelge 5.6 Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik analizi bulguları

İst. No	Kod	mS/cm	Sıcaklık	Sınıfı
B12	Pa	0.093	26.8°C	Tuzsuz
B8	StS	0.094	26.1°C	tuzsuz
B16	StD	0.192	26.5°C	Hafif tuzlu
B10	CdS	0.104	26.2°C	tuzsuz
B17	CdD	0.366	26.1°C	Orta tuzlu
B11	ApS	0.153	26.3°C	tuzsuz
B17	ApD	0.366	26.1°C	Orta tuzlu
B14	GtS	0.088	26.2°C	tuzsuz
B16	GtD	0.192	26.5°C	Hafif tuzlu
B13	RS	0.160	26.3°C	Hafif tuzlu
B17	RD	0.366	26.1°C	Orta tuzlu



Şekil 5.5 Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlikleri

5.1.4 Organik Madde ve C Analizi Bulguları

Toprak örneklerinin analiz sonuçları literatürdeki organik madde sınıflandırma esaslarına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 Organik madde sınıflandırması (Ülgen ve Yurtsever 1974)

	Çok az	Az	Orta	İyi	Yüksek
O.M. %	0-1	1-2	2-3	3-4	>4

Serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinde organik madde miktarının serpantin dışından (marn ve kalkerli topraklardan) alınan örneklere göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.8).

Scorzonera tomentosa'nın alındığı karşılaştırmalı istasyonlardaki topraklarda fark 3.6 kat; *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın alındığı istasyonlarda 9 kat; *Alyssum pateri* subsp. *pateri* 'nin alındığı istasyonlarda yaklaşık 2 kat; *Globularia orientalis*'in

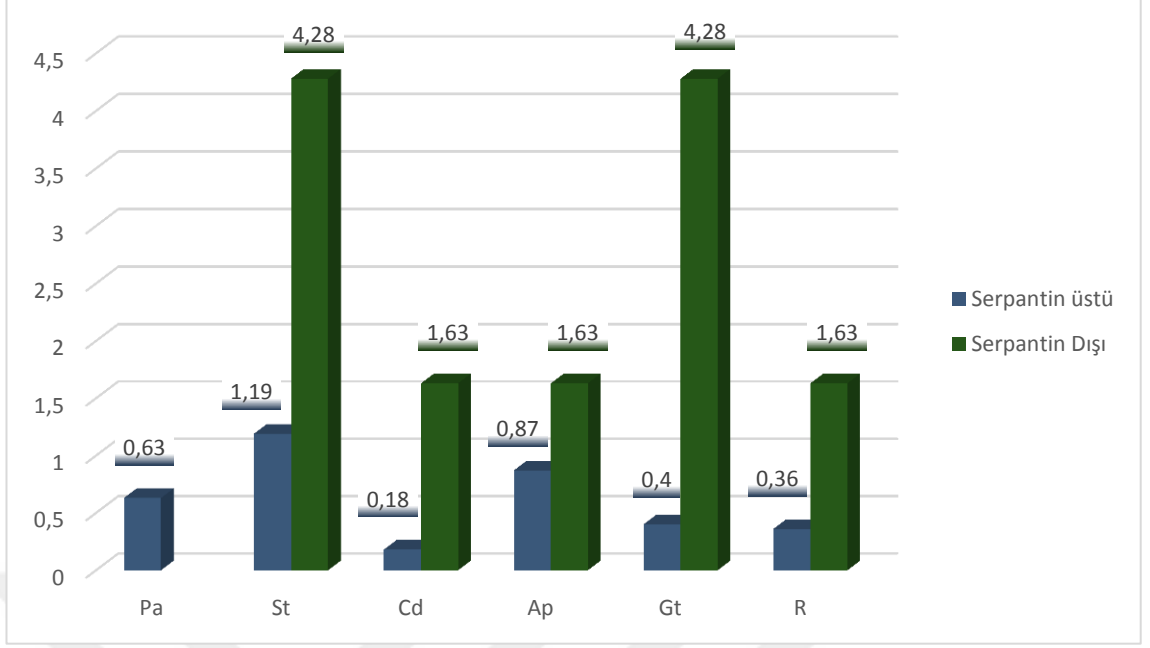
alındığı istasyonlarda yaklaşık 11 kat ve *Rhamnus rhodopea* 'nın alındığı istasyonlarda ise 4.5 kat olarak belirlenmiştir (Şekil 5.6).

Toprağın dayanıklılığını sağlayan, iyon değişim kapasitesini ve su tutma kapasitesini arttıran, toprağa tamponluk kazandıran ve toprağın havalanmasını sağlayan organik madde miktarı ayrıca toprak pH'sı üzerine olumlu etki yaparak bitki besin maddeleri deposu görevi, topraktaki organizmalar için de besin ve enerji kaynağı teşkil etmektedir.

Tüm bu esaslar göz önünde bulundurulduğunda serpantinli topraklarda organik madde düşüklüğü, üzerinde gelişen bitkiler için ayrı ayrı birçok parametre yönünden önemli bir stres faktörü olarak bitki gelişimi açısından olumsuz koşullara sebep olmaktadır.

Çizelge 5.8 Toprak örneklerinin organik madde analiz bulguları

İst. No	Kod	Organik madde (%)	Sınıfı
B12	Pa	0,63	Çok az
B8	StS	1,19	Az
B16	StD	4,28	Yüksek
B10	CdS	0,18	Çok az
B17	CdD	1,63	Az
B11	ApS	0,87	Çok az
B17	ApD	1,63	Az
B14	GtS	0,40	Çok az
B16	GtD	4,28	Yüksek
B13	RS	0,36	Çok az
B17	RD	1,63	Az



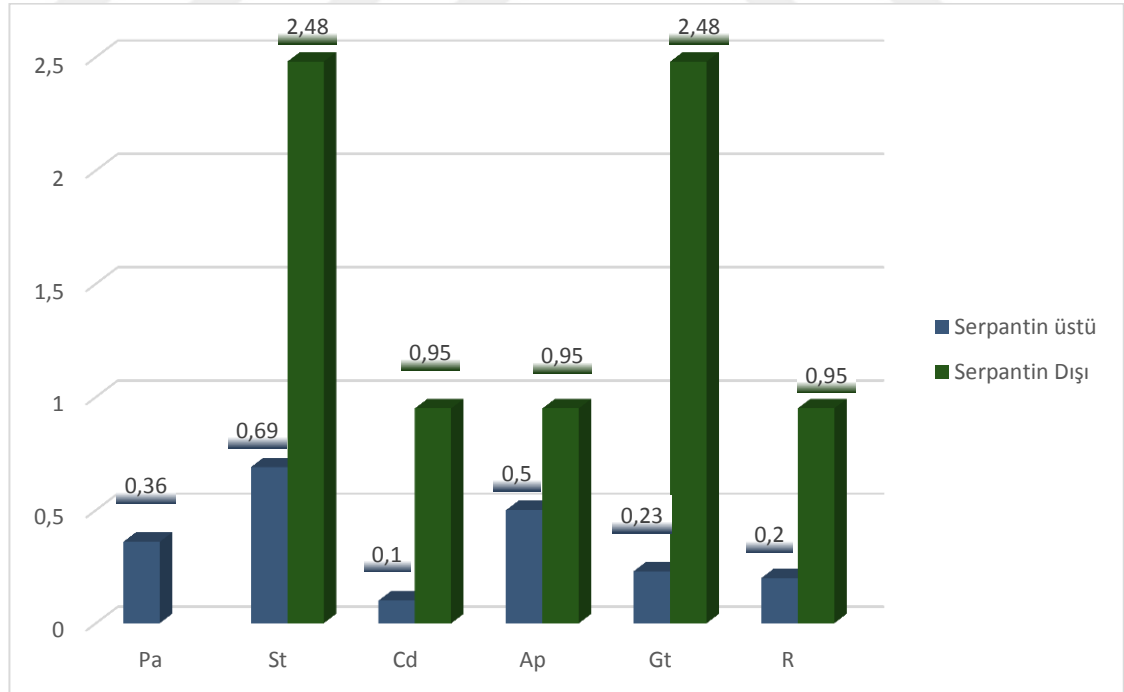
Şekil 5.6 Toprak örneklerinin organik madde içerikleri

Organik madde içeriğinden yola çıkılarak örneklerin karbon içeriği hesaplanmıştır (Çizelge 5.9). Bu bulgulara göre serpantin dışından alınan örneklerle karşılaştırıldığı zaman, serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinin tamamında karbon miktarı 2 ila 11 kat daha düşük olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.7).

Topraktaki karbon miktarının topraktaki mikroorganizmaların temel enerji kaynağı olduğu düşünüldüğünde bu durum serpantinli toprakta bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerini sınırlandırarak bitki gelişimi için olumsuz bir koşul ve stres kaynağı teşkil etmektedir.

Çizelge 5.9 Toprak örneklerinin karbon analiz bulguları

İst. No	Kod	% C
B12	Pa	0,36
B8	StS	0,69
B16	StD	2,48
B10	CdS	0,10
B17	CdD	0,95
B11	ApS	0,50
B17	ApD	0,95
B14	GtS	0,23
B16	GtD	2,48
B13	RS	0,20
B17	RD	0,95



Şekil 5.7 Toprak örneklerinin karbon içerikleri (%)

5.1.5 Kireç Analizi (% CaCO₃) Bulguları

Toprak örneklerinin analiz sonuçları literatürdeki kireçlilik sınıflandırma esaslarına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 5.10).

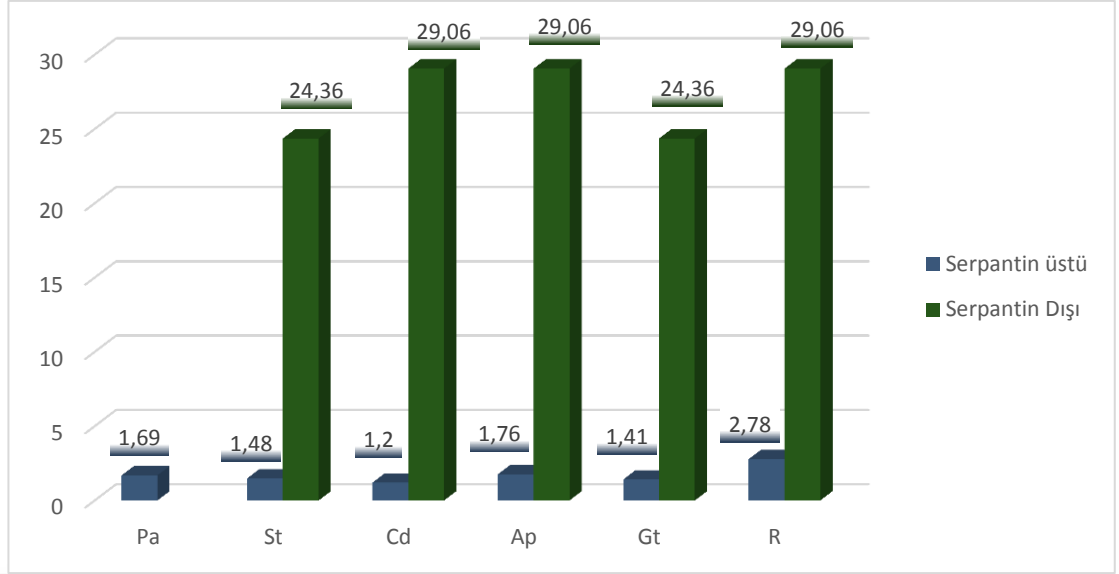
Çizelge 5.101 Kireçlilik sınıflandırması (Ülgen ve Yurtsever 1974)

	Az Kireçli	Kireçli	Orta Kireçli	Fazla Kireçli	Çok Fazla Kireçli
Kireç %	0-1	1-5	5-15	15-25	>25

Serpantinli toprakların karakterizasyonunu belirleyen unsurlardan biri düşük Ca miktarı olarak bilinmektedir. Toprağın kireç (CaCO₃) miktarı da bu doğrultuda serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinde oldukça düşükken serpantin dışından alınan toprak örneklerinde çok (10 kat ila 25 kat) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.11, Şekil 5.7).

Çizelge 5.11 Toprak örneklerinin kireç analizi bulguları

İst. No	Kod	% CaCO₃	Sınıfı
B12	Pa	1,69	Kireçli
B8	StS	1,48	Kireçli
B16	StD	24,36	Fazla kireçli
B10	CdS	1,2	Kireçli
B17	CdD	29,06	Çok fazla kireçli
B11	ApS	1,76	Kireçli
B17	ApD	29,06	Çok fazla kireçli
B14	GtS	1,41	Kireçli
B16	GtD	24,36	Fazla kireçli
B13	RS	2,78	Kireçli
B17	RD	29,06	Çok fazla kireçli



Şekil 5.5 Toprak örneklerinin kireç içeriği

5.1.6 Toprakta Azot (N) Analizi (%) Bulguları

Toprak örneklerinin analiz sonuçları literatürdeki sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12 Toprakların azot içeriklerine göre sınır değerleri (Kovancı 1969)

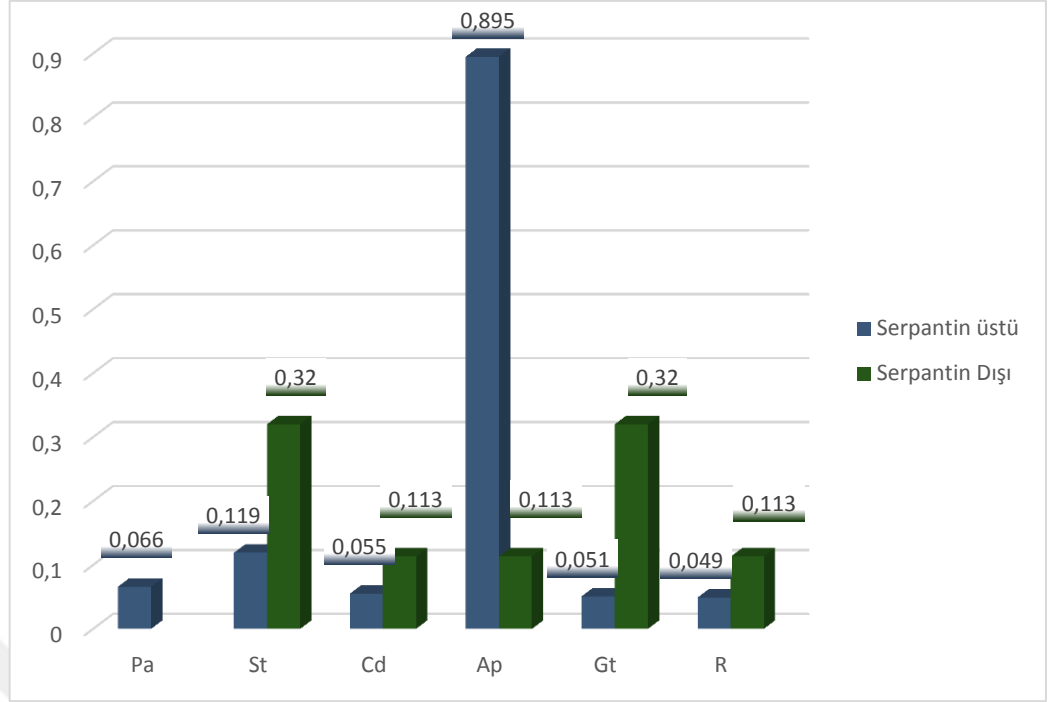
Toprakların azot içeriklerine göre sınır değerleri	Durumu
<0.045	Çok Düşük
0.045-0.09	Düşük
0.09-0.17	Orta
0.17-0.32	Yüksek
>0.32	Çok Yüksek

Doğadaki rezervi atmosfer olup hidrosferde ve canlılarda da bulunan azotun topraktaki kaynağı organik maddedir.

Toprak örneklerinin analiz sonuçlarına bakıldığında serpantinli topraklarda N miktarı 6 istasyonun 5'inde serpantin dışındaki topraklara göre düşük olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.13, Şekil 5.8).

Çizelge 5.13 Toprak örneklerinin azot analizi bulguları

İst. No	Kod	N (%)	Sınıfı
B12	Pa	0,066	düşük
B8	StS	0,119	orta
B16	StD	0,32	yüksek
B10	CdS	0,055	düşük
B17	CdD	0,113	orta
B11	ApS	0,895	Çok yüksek
B17	ApD	0,113	orta
B14	GtS	0,051	düşük
B16	GtD	0,32	yüksek
B13	RS	0,049	düşük
B17	RD	0,113	orta



Şekil 5.8 Toprak örneklerinin N analizi içeriği (%)

5.1.7 Toprakta Fosfor (P) Analizi Bulguları

Toprak örneklerinin analiz sonuçları literatürdeki sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 5.14).

Çizelge 5.14 Toprakların Fosfor içeriklerinin Sınır Değerleri (Olsen ve Dean 1965)

P (mg kg ⁻¹)	Durumu
< 3 mg kg ⁻¹	Çok Düşük
3-7 mg kg ⁻¹	Düşük
7-20 mg kg ⁻¹	Yeterli
> 20 mg kg ⁻¹	Yüksek

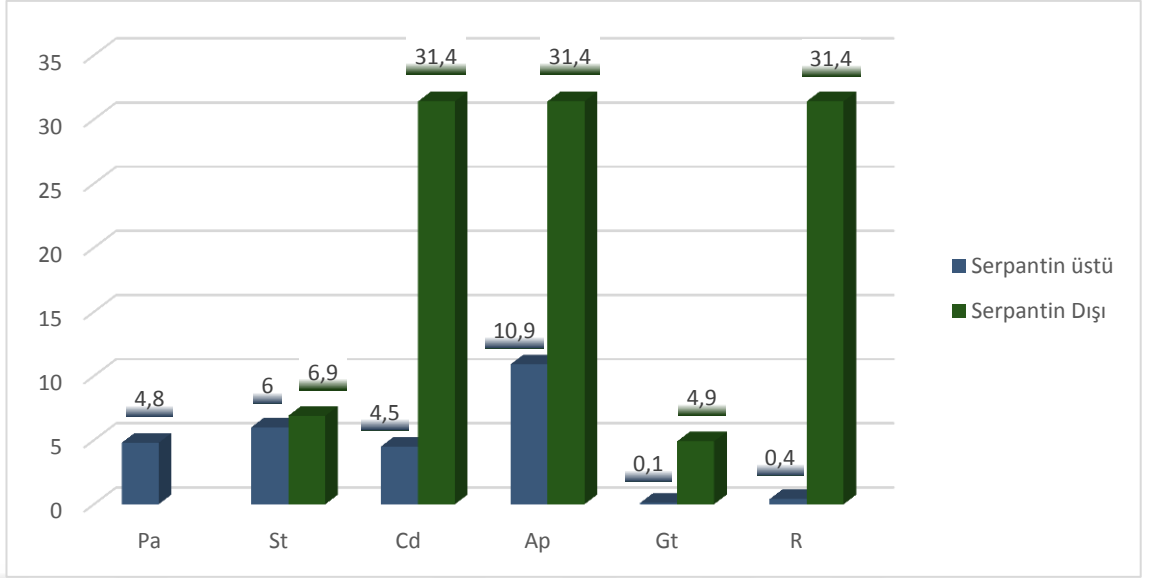
Serpantin üzerindeki toprak örneklerin tamamında fosfor bakımından düşüklük söz konusu iken serpantin dışına çıkıldığında topraktaki fosfor miktarının genelde ciddi oranda arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 5.15, Şekil 5.9).

Serpantinli topraklar genellikle temel besin elementleri bakımından fakir topraklar olarak nitelendirilmektedir. Fosfor da bu eksik besin elementlerinden biridir.

Canlılar için fosfor yaşamsal önem taşıyan bir element olup eksikliği serpantin üzerinde gelişen bitkiler için bir stres faktörü oluşturmaktadır.

Çizelge 5.15 Toprak örneklerinin fosfor analizi bulguları

İst. No	Kod	P (mg kg ⁻¹)	Sınıfı
B12	Pa	4,8	Düşük
B8	StS	6	Düşük
B16	StD	6,9	Düşük
B10	CdS	4,5	Düşük
B17	CdD	31,4	Yüksek
B11	ApS	10,9	Yeterli
B17	ApD	31,4	Yüksek
B14	GtS	0,1	Çok düşük
B16	GtD	4,9	Düşük
B13	RS	0,4	Çok düşük
B17	RD	31,4	Yüksek



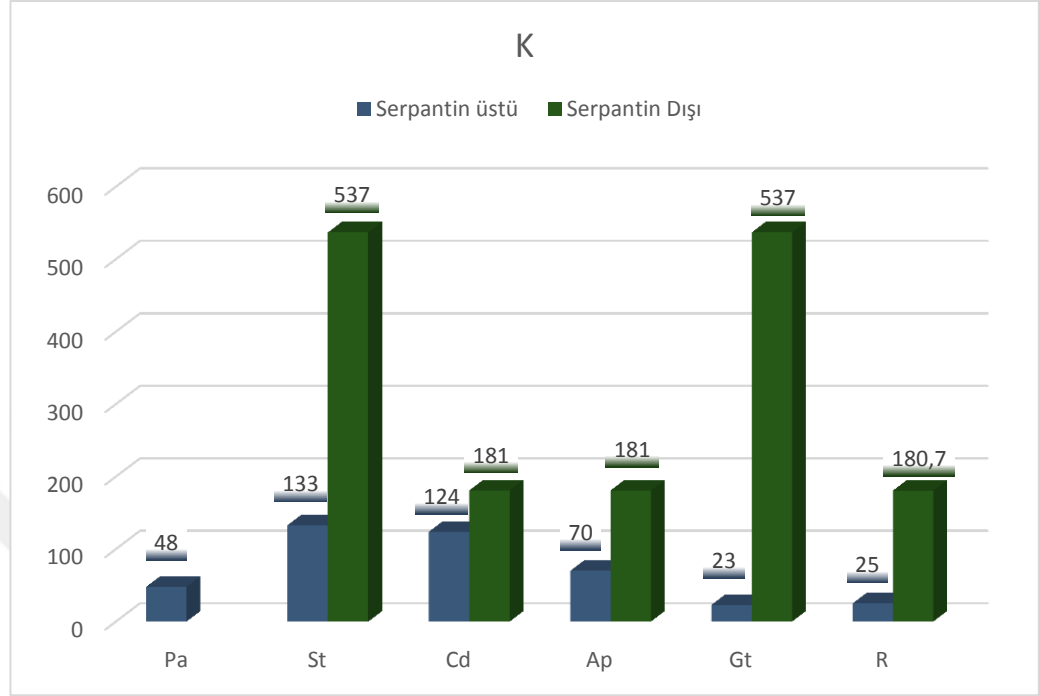
Şekil 5.9 Toprak örneklerinin fosfor içerikleri (mg kg⁻¹)

5.1.8 Toprakta Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na) ve Magnezyum (Mg) Analizleri Bulguları

Çizelge 5.16 Toprak örneklerinde K, Ca, Mg, Na analizleri bulguları

İst. No	Kod	Ca	Mg	K	Na	(mg kg ⁻¹)
B12	Pa	1955	5520	48	0,7	
B8	StS	5591	21700	133	2,6	
B16	StD	5826	1722	537	3,6	
B10	CdS	2594	10070	124	2,8	
B17	CdD	5565	1993	181	8,3	
B11	ApS	2215	16100	70	2,7	
B17	ApD	5565	1993	181	8,3	
B14	GtS	1279	13420	23	0,6	
B16	GtD	5826	1722	537	3,6	
B13	RS	1378	13700	25	0,3	
B17	RD	5565	1993	181	8,3	

Toprak örneklerinde potasyum analizi bulguları



Şekil 5.10 Toprak örneklerinin potasyum içeriği (mg kg⁻¹)

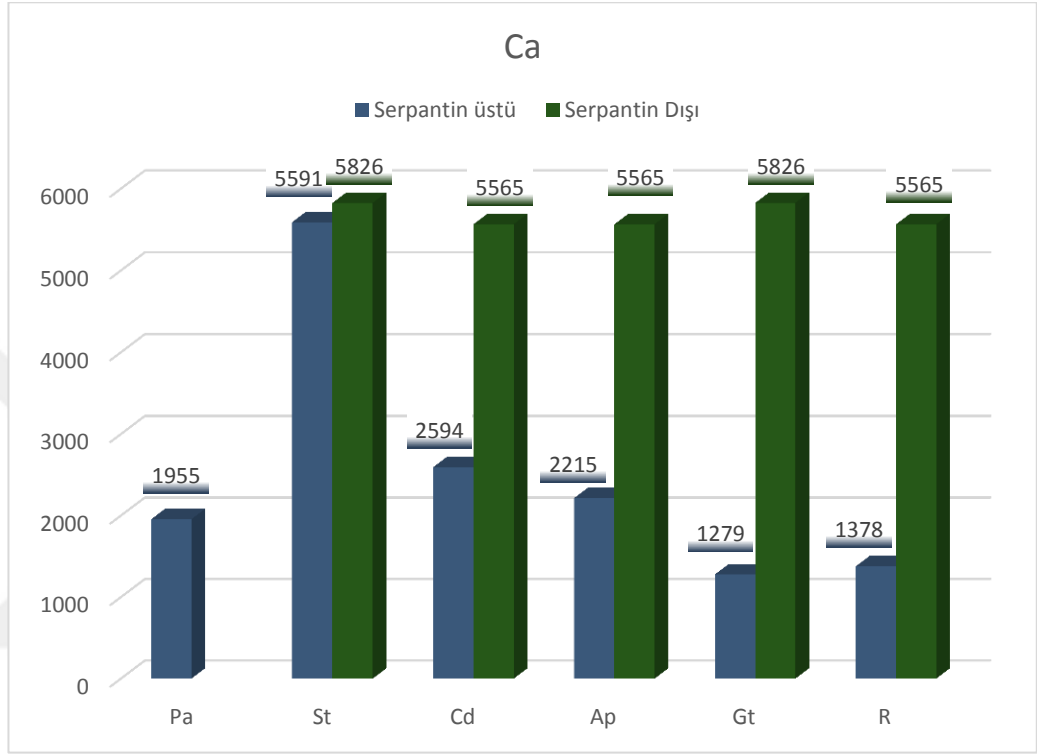
Serpantinli topraklarda potasyum düşük bulunmaktadır. Serpantin üstü ve dışı şeklinde karşılıklı alınmış toprak örneklerinde de potasyum seviyesi serpantin üzerinde düşük iken serpantin dışından alınan örneklerde 1.5 ila 23 kat daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 5.16, Şekil 5.10).

Topraktaki kil miktarı ile potasyum miktarı doğru orantılı olup serpantin dışı toprakların tekstür analizine bakılarak kil miktarının da daha fazla olduğu saptanmıştır.

Potasyum bitkilerin fiziksel olarak dayanıklılığını, hastalıklara karşı direncini ve kuraklığa karşı toleransını arttırmaktadır. Toprakta potasyumun fazlalığı bitki gelişimi üzerine olumsuz bir etki yapmazken düşüklüğü bitki gelişimi için sınırlayıcı bir faktördür.

Toprak örneklerinde kalsiyum analizi bulguları

Topraktaki düşük Ca miktarı serpantinli toprakların karakteristik özelliklerinden biri olarak bilinmektedir.



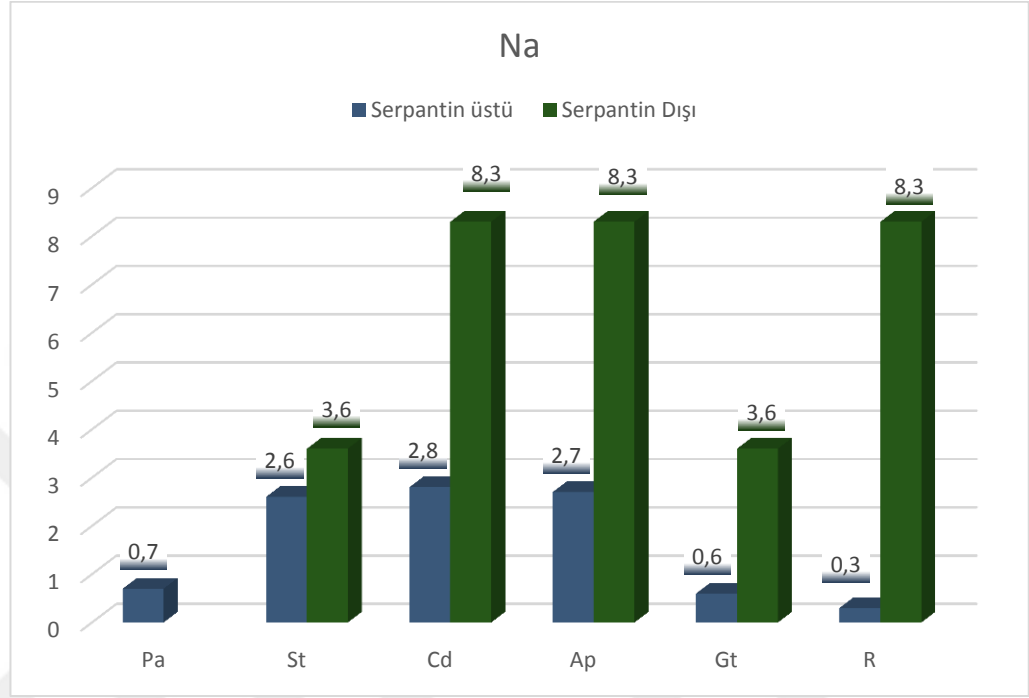
Şekil 5.11 Toprak örneklerinin kalsiyum içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantin üstü ve serpantin dışından karşılaştırılmalı alınan toprak örneklerinde serpantin üzerindeki örneklerin hepsi serpantin dışına göre daha düşük miktarda Ca içeriğine sahiptir (Çizelge 5.16, Şekil 5.11).

Karşılaştırılan istasyonlar arasındaki fark 4.5 kata kadar çıkmaktadır. Topraktaki granülasyonu arttıran Ca iyonları toprak strüktürünü geliştirerek toprakların verimliliğini arttırmaktadır.

Serpantinli topraklarda bitkiler için oldukça olumsuz koşullar hakim olduğu için genel anlamda verimsiz topraklar olarak bilinmektedirler.

Toprak örneklerinde sodyum analizi bulguları



Şekil 5.12 Toprak örneklerinin sodyum içeriği (mg kg⁻¹)

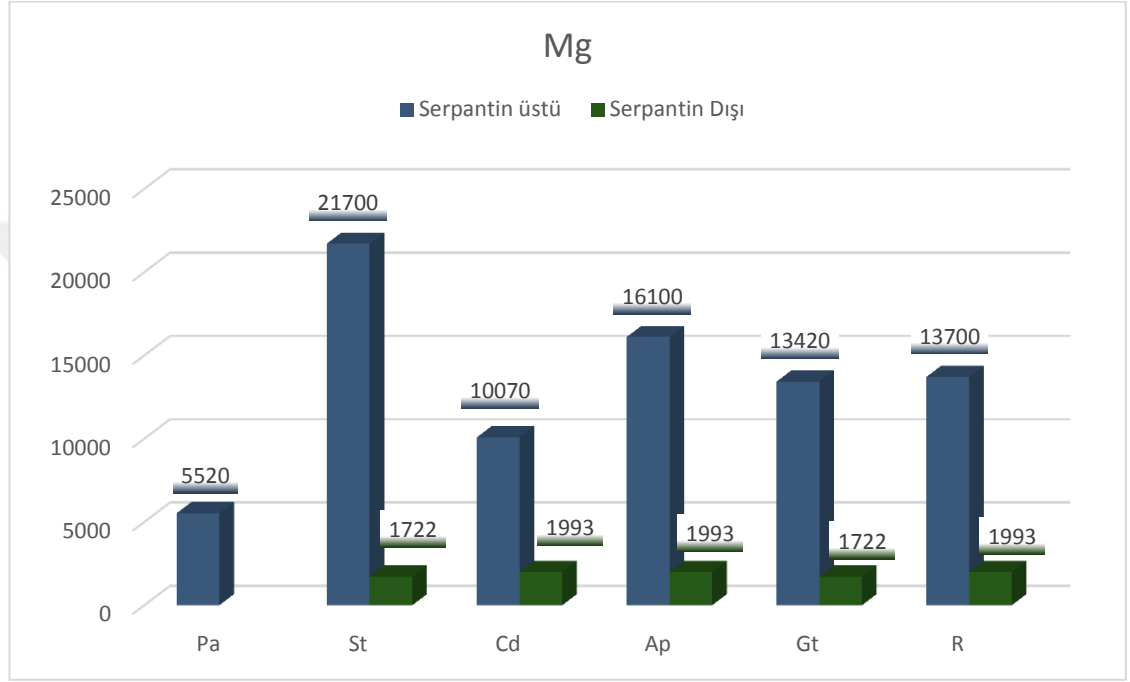
Serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinde Na miktarı serpantin dışından alınan örneklere göre oldukça düşük olarak saptanmıştır (Çizelge 5.16, Şekil 5.12). Karşılaştırmalı istasyonlar arasındaki fark 27 kata kadar çıkabilmektedir.

Toprak örneklerinde magnezyum analizi bulguları

Toprakta magnezyumun kaynağı dolomit, olivin, ojit, klorit ve serpantin gibi minerallerdir. Yüksek Mg içeriği serpantinli toprakların en önemli karakteristik unsurlarından biri olarak bilinmektedir.

Aynı zamanda düşük Ca içeriğinden dolayı serpentine adapte olmuş bitkiler hayatta kalabilmek için düşük Ca: Mg oranına uyum sağlamak zorundadırlar.

Serpantin üzeri ve dışı olmak üzere karşılaştırılmalı olarak seçilen istasyonlarda Mg içeriği ciddi bir fark yaratmaktadır. Yapılan analizler sonucunda serpantin üzerindeki Mg miktarı ile serpantin dışındaki Mg miktarı arasında 5 ila 15 kat fark bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.16, Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Toprak örneklerinin magnezyum içeriği (mg kg-1)

5.1 9 Toprakta Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Mangan (Mn) Analizleri Bulguları

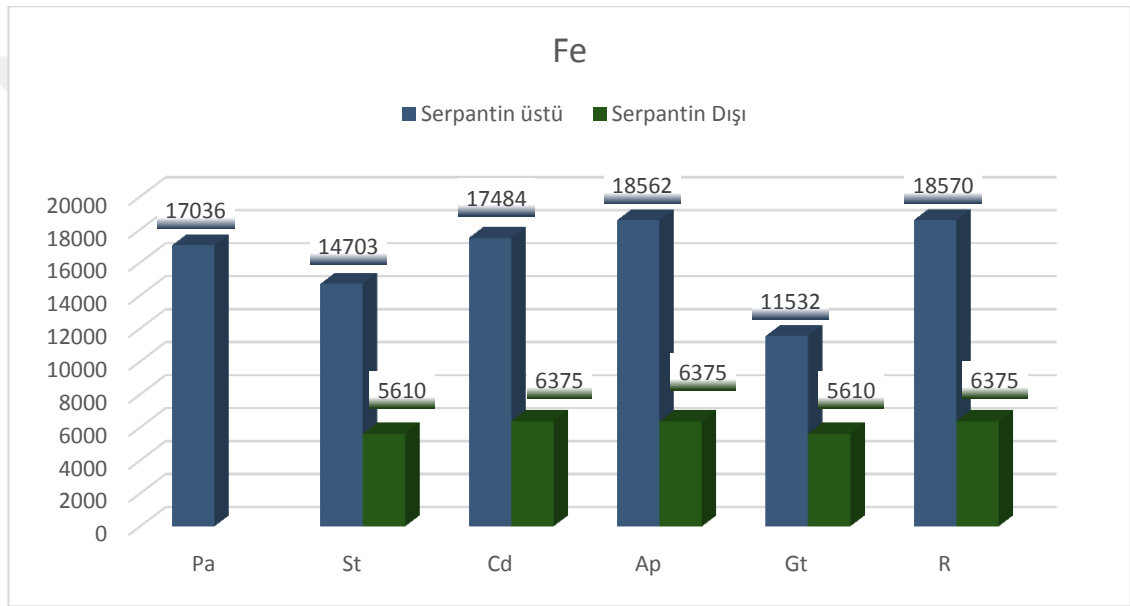
Çizelge 5.17 Toprak örneklerinin Fe, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Mn analizleri bulguları

İst. No	Tür Adı	Fe	Zn	Cu	Mn	Ni	Co	Cr	(mg kg-1)
B12	Pa	17036	0,132	3,71	1987	3932	0,25	0,01	
B8	StS	14703	0,154	2,97	1407	1410	0,1	0,004	
B16	StD	5610	0,43	2,1	622	871	0,08	0,002	
B10	CdS	17484	0,188	2,63	1108	1553	0,1	0,01	
B17	CdD	6375	0,447	1,44	899	647	0,07	0,006	
B11	ApS	18562	0,289	2,46	3774	1639	0,35	0,022	
B17	ApD	6375	0,447	1,44	899	647	0,07	0,006	
B14	GtS	11532	0,161	2,29	4734	1535	0,24	0,017	
B16	GtD	5610	0,43	2,1	622	871	0,08	0,002	
B13	RS	18570	0,237	2,21	2510	2310	0,25	0,147	
B17	RD	6375	0,447	1,44	899	647	0,07	0,006	

Toprak örneklerinde demir analizi bulguları

Birçok mineralin kristal kafeslerinde yapı elementi şeklinde bulunan demir serpantinli topraklarda yüksek miktarda bulunmaktadır.

Seçilen serpantin üstü istasyonlarda Fe miktarı önemli oranda yüksek çıkarken serpantin dışındaki istasyonlarda neredeyse 1/3'i kadar Fe bulunmaktadır (Çizelge 5.17, Şekil 5.14).



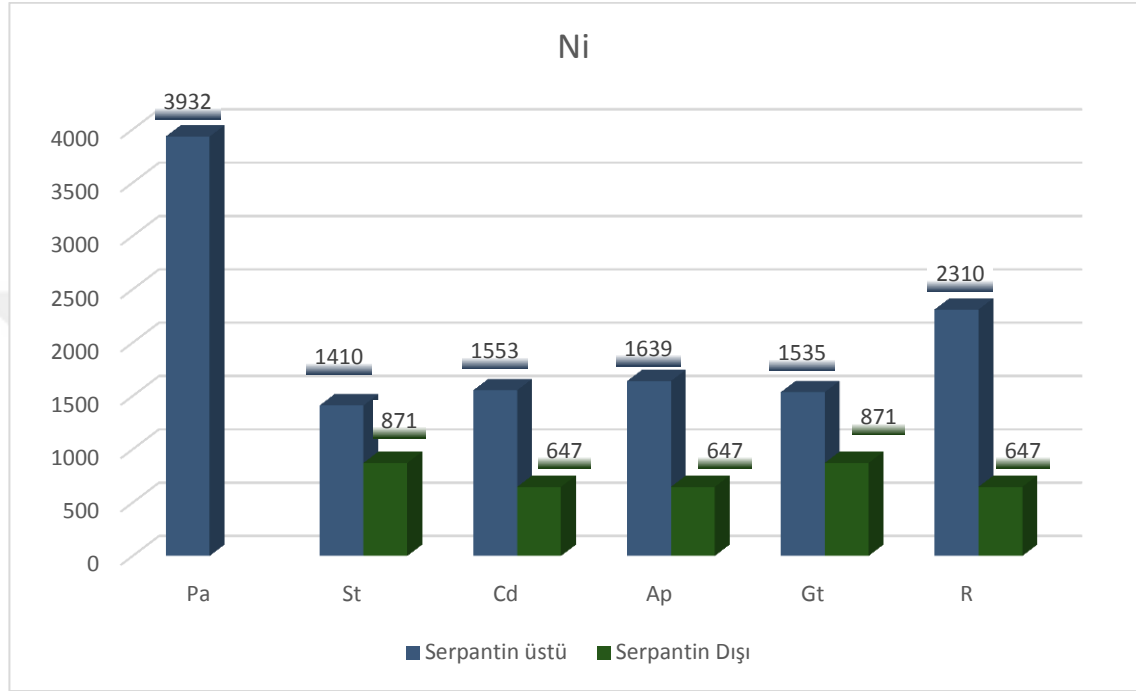
Şekil 5.14 Toprak örneklerinin demir içeriği (mg kg⁻¹)

Toprak örneklerinde nikel analizi bulguları

Toprakların geneline bakılacak olursa nikel çok düşük miktarda bulunmaktadır. Fakat serpantinli topraklar bu konuda bir istisna olarak bilinmektedir. Serpantinli topraklar yüksek nikel miktarı ile karakterize edilmektedir.

Normalde toprağa geçen nikel sızıntı suyu yardımıyla topraktan uzaklaşırken kurak bölgelerde yıkanamaz ve birikim oluşturur. Serpantin habitatlar aynı zamanda kurak bölgelerdir.

Karşılaştırmalı olarak seçilen istasyonlarda nikel oranı serpantin üstü istasyonlarda oldukça yüksek iken serpantin dışı istasyonlarda düşük olarak tespit edilmiştir. İstasyonlar arasındaki nikel içeriği farkı 1.5 ila 3.5 kat arasında değişmektedir (Çizelge 5.17, Şekil 5.15).



Şekil 5.15 Toprak örneklerinin nikel içeriği (mg kg⁻¹)

Toprak örneklerinde bakır analizi bulguları

Toprakları meydana getiren anakayalarda bakır içeriği oldukça azdır. Fakat serpantinli topraklarda ağır metallerin birikiminin fazla olduğu bilinmektedir.

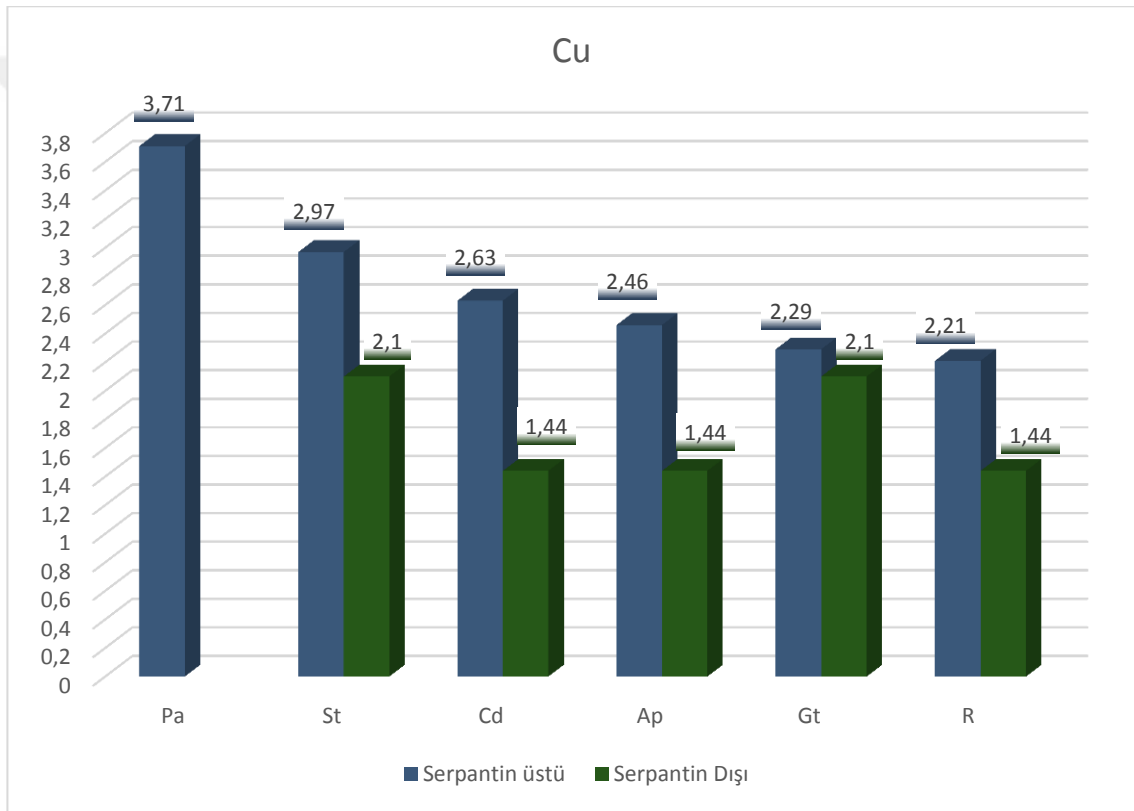
Karşılaştırmalı istasyonlardan serpantin üstünden alınan toprak örneklerinde bakır miktarı serpantin dışına kıyasla 1 ila 1.8 kat daha fazla olarak saptanmıştır.

Organik madde bakır elementini oldukça güçlü bir şekilde bağlamaktadır. Bundan ötürü organik madde bakımından zengin topraklarda bakır eksikliğine rastlanmaktadır.

Serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinde organik madde miktarı düşük olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.17, Şekil 5.16).

Analizler sonucunda serpantin istasyonlardan alınan örneklerde bakırın yüksek çıkması, bakır miktarı ve organik madde arasındaki ters orantıyla da örtüşmektedir.

Fazla bakır içeriği bitkilerin kök ve sürgün gelişimlerini sınırlandıran olumsuz bir faktör olup serpantin üzerinde gelişen bitkiler için stres kaynağı teşkil etmektedir.

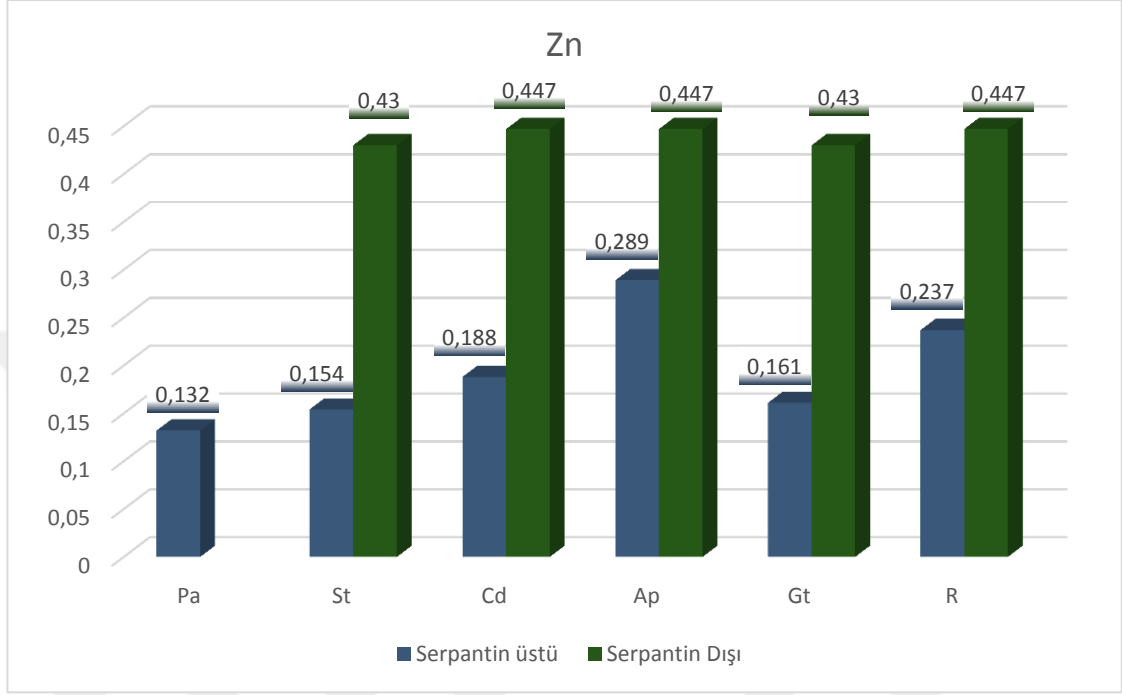


Şekil 5.16 Toprak örneklerinin bakır içeriği (mg kg⁻¹)

Toprak örneklerinde çinko analizi bulguları

Toprakta organik maddede, kil ve silikat minerallerinde bulunan çinko, bakır ile antagonistik bir ilişki içindedir.

Karşılaştırmalı olarak seçilen istasyonlarda çinko serpantin dışında oldukça yüksek miktarlarda bulunurken serpantin üstünde daha düşük miktarda bulunmaktadır. İstasyonlar arası fark 1.5 ila 2.8 kat olarak saptanmıştır (Çizelge 5.17, Şekil 5.17).

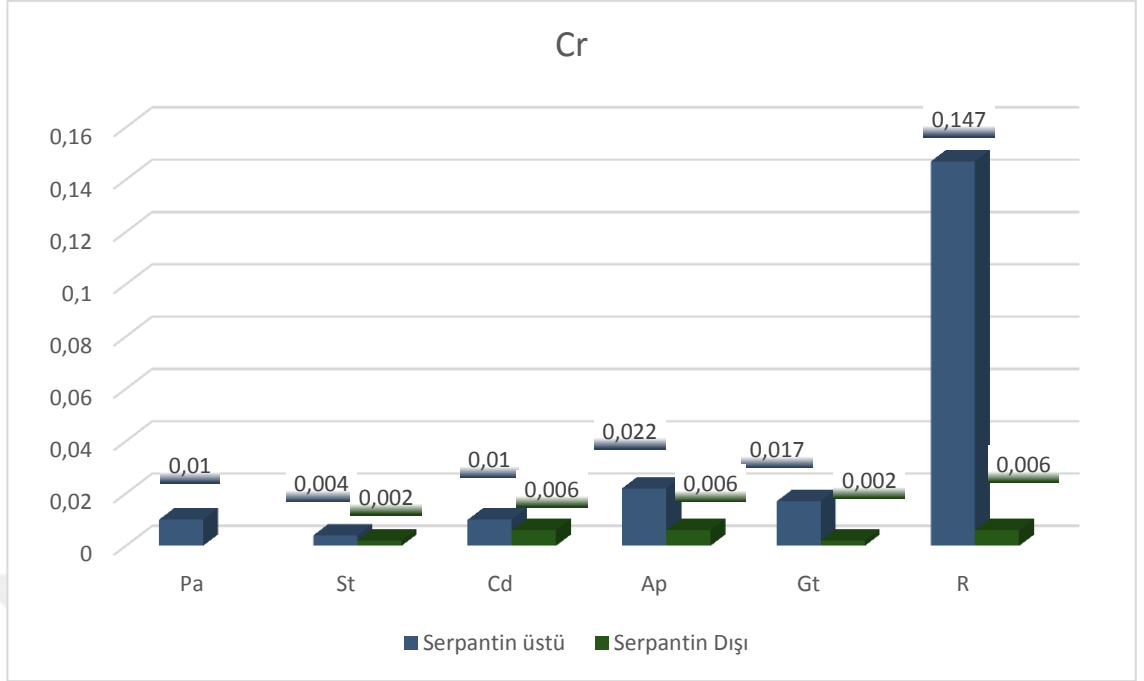


Şekil 5.17 Toprak örneklerinin çinko içeriği (mg kg-1)

Toprak örneklerinde krom analizi bulguları

Krom ciddi seviyede toksik bir element olup özellikle hücre zarında bozulmalara, organellerde dejenerasyonlara ve yapısal aktivitelerde bozulmalara sebep olmaktadır. Büyümei inhibe edici bir etkisi de bulunmaktadır.

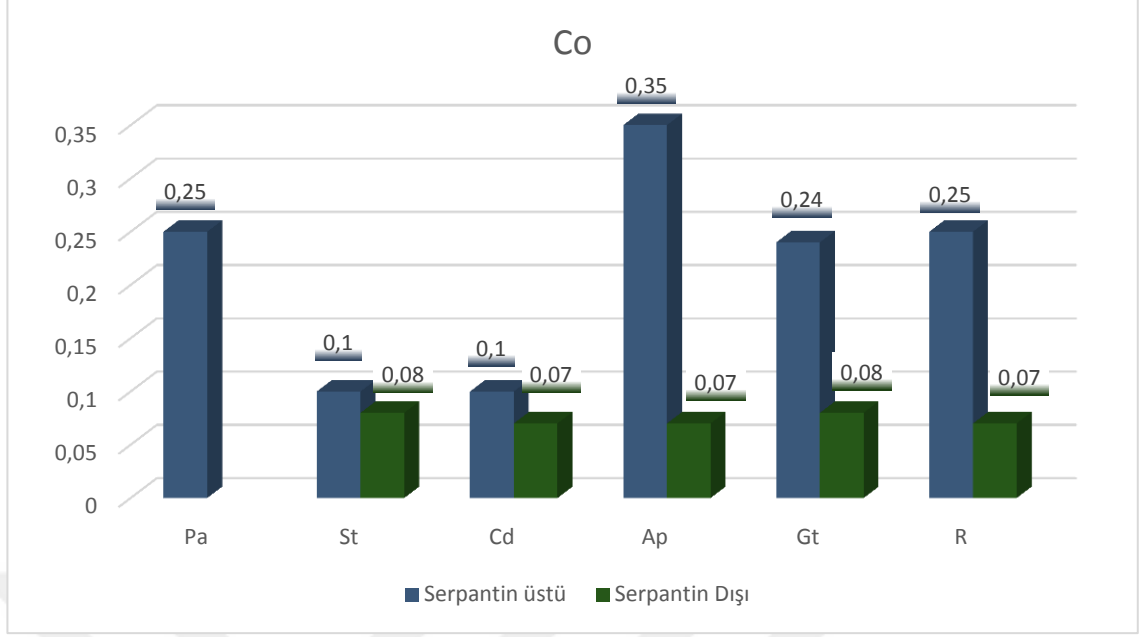
Serpantin üzerindeki istasyonlardan alınan örneklerde Cr içeriğine serpantin dışı toprak örneklerine nazaran daha yüksek miktarda rastlanmıştır (Çizelge 5.17, Şekil 5.18). Bu durum serpantin üzerinde gelişen bitkilere olumsuz bir etki yaratmaktadır.



Şekil 5.18 Toprak örneklerinin krom içeriği (mg kg⁻¹)

Toprak örneklerinde kobalt analizi bulguları

Yeryüzünde en az sıklıkla bulunan elementlerden olan kobalt, karşılaştırılmalı olarak seçilen istasyonlardan serpantin üstünden alınan toprak örneklerinde kobalt miktarı daha fazla iken serpantin dışı örneklerde daha az miktarda bulunmuştur (Çizelge 5.17, Şekil 5.19). İstasyonlar arasındaki fark 1.25 ila 5 kat arasında değişmektedir.



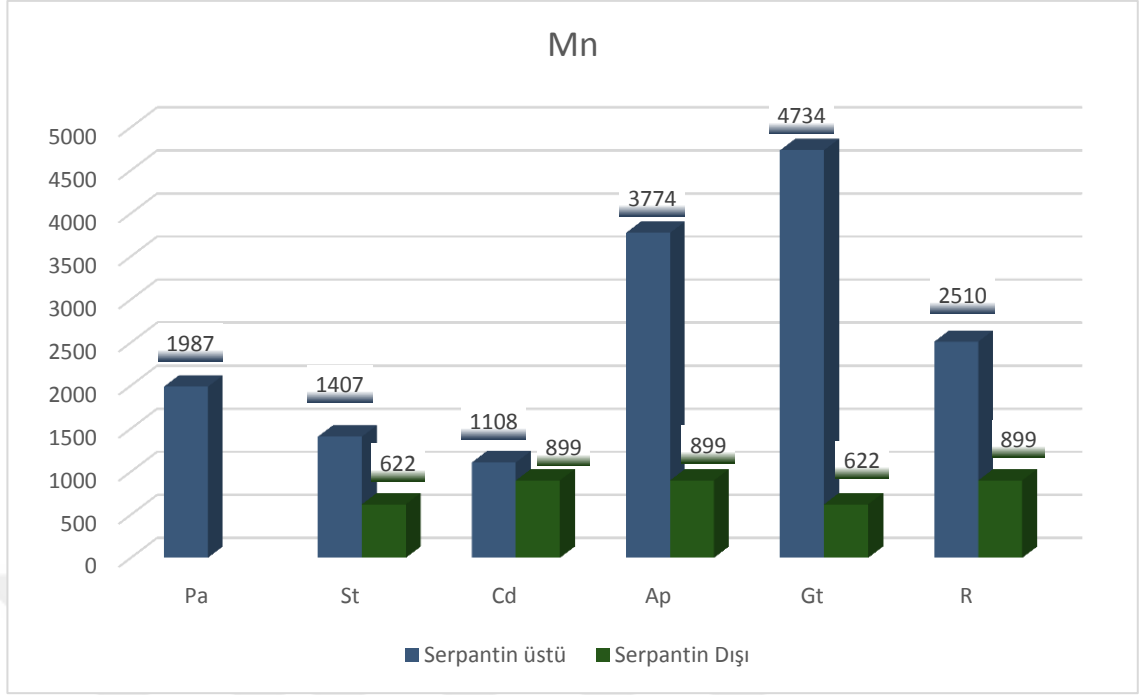
Şekil 5.19 Toprak örneklerinin kobalt içeriği (mg kg-1)

Toprak örneklerinde mangan analizi bulguları

Birçok mineralin yapısında yer alan Mn'nin ana kaynağı silikat mineralleridir. Serpantinde olivinli gabro ve mikaşistte daha çok bulunan Mn oldukça önemli enzimlerin aktivasyonunda önemli rol oynamaktadır.

Ancak fazlalığı durumunda toksik etki yaratmaktadır. Bu durum oksin oluşumunu olumsuz etkileyerek bitki gelişimi için bir stres faktörüne dönüşmektedir.

Serpantin üzerinde mangan serpantin dışına göre oldukça yüksek miktarlarda tespit edilmiştir (Çizelge 5.17, Şekil 5.20). Bu durum bitkileri strese sokarak olumsuz bir etki yaratmaktadır.



Şekil 5.20 Toprak örneklerinin mangan içeriği (mg kg-1)

5.2 Bitki örneklerinin fitokimyasal analizleri sonucu elde edilen bulgular

5.2.1 Bitkide Azot (N) Analizi (%) Bulguları

Bitkilerdeki analiz sonuçlarına bakılacak olursa *Paronychia angorensis* Chaudhri, serpantinofit olarak seçilen tür olup % 1,01 azot biriktirmiştir. *Scorzonera tomentosa* L., ise serpantin üzerinde % 2.07 azot biriktirirken serpantin dışından alınan örnekte % 1.5 azot biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (DC.) Wagenitz, serpantin üstünden alınan örnekte % 1.6 azot biriktirirken serpantin dışından alınan örnekte % 2.5 biriktirmiştir. *Alyssum pateri* Nyar. subsp. *pateri* Nyar., serpantin üstünden alınan örnekte % 2.2, serpantin dışındaki örnekte ise % 1.9 azot biriktirmiştir. *G. orientalis*, serpantin üstünde % 1.8, serpantin dışında % 1.7 oranında azot biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* Velenovsky, serpantin üzerinde % 2.4, serpantin dışında ise % 3.2 oranında azot biriktirmiştir (Çizelge 5.18, Şekil 5.21).

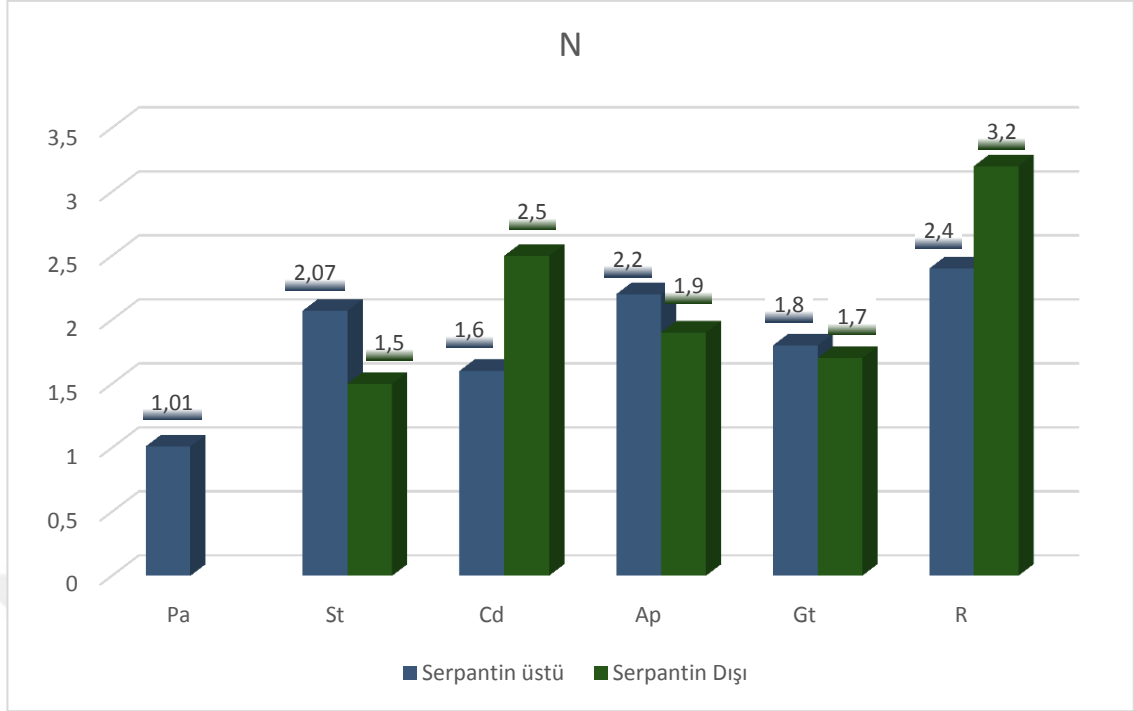
Serpantin üzerinde de serpantin dışında da en çok azot biriktiren tür *Rhamnus rhodopea Velenovsky*'dir. Serpantin üzerinde en az azot biriktiren tür *Paronychia angorensis* Chaudhri iken serpantin dışında en az azot biriktiren tür *Scorzonera tomentosa* L.'dir.

Türler arası azot birikiminde en büyük fark 1.5 kat ile *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (DC.) Wagenitz' de gözlemlenmiştir.

Serpantin üzerinden alınan örneklerde azot miktarı *Scorzonera tomentosa* L., *Alyssum pateri* Nyar. subsp. *pateri* Nyar. ve *G. orientalis* 'da daha fazla iken *Centaurea drabifolia* Sm. subsp. *cappadocica* (Dc.) Wagenitzve *Rhamnus rhodopea Velenovsky*'da serpantin dışında azot miktarı daha fazla bulunmuştur.

Çizelge 5.18 Bitki örneklerinin azot analizi bulguları

İst No	Bitki No	Tür	N (%)
B12	G54	Pa	1,01
B8	G31	StS	2,07
B16	G104	StD	1,5
B10	G68	CdS	1,6
B17	G96	CdD	2,5
B11	G58	ApS	2,2
B17	G94	ApD	1,9
B14	G75	GtS	1,8
B16	G92	GtD	1,7
B13	G83	RS	2,4
B17	G97	RD	3,2



Şekil 5.21 Bitki örneklerinin azot içeriği (%)

5.2.2 Bitkide Fosfor (P) Analizi Bulguları

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 42 mg kg⁻¹ fosfor biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 57 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 68 mg kg⁻¹ fosfor biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 48 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 70 mg kg⁻¹ fosfor biriktirmiştir.

Alyssum pateri subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 94 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 88 mg kg⁻¹ fosfor biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 17 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 45 mg kg⁻¹ fosfor biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 21 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 118 mg kg⁻¹ fosfor biriktirmiştir (Çizelge 5.19, Şekil 5.22).

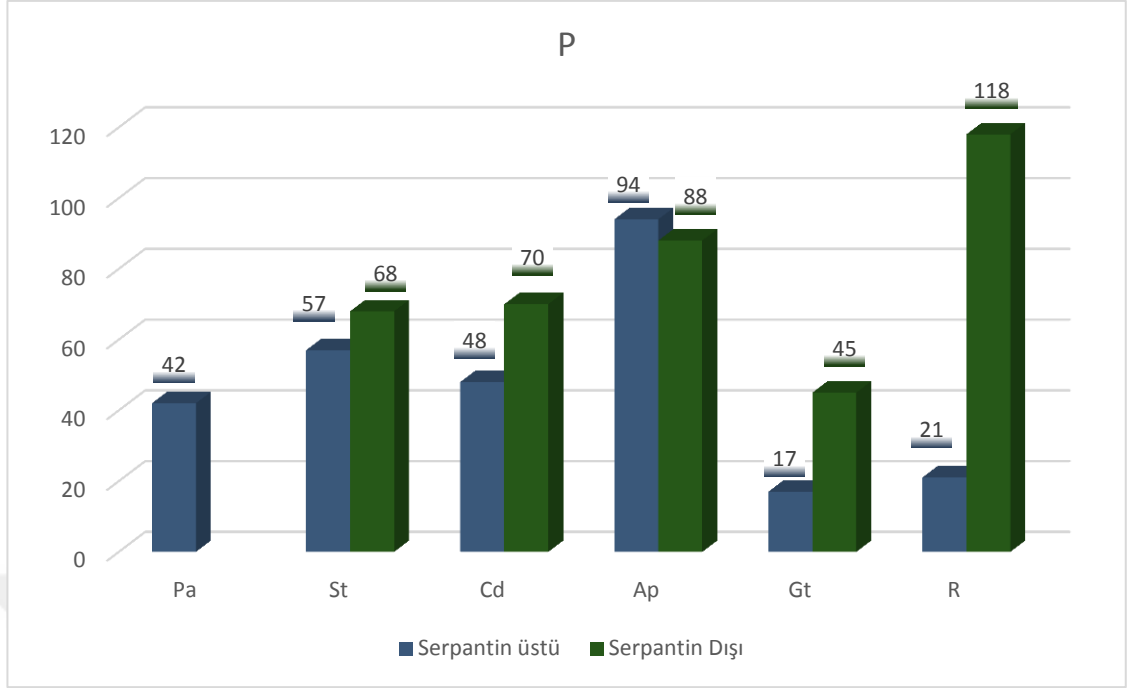
Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok fosfor biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri* iken serpantin dışında en çok fosfor biriktiren tür *Rhamnus rhodopea*

Velenovsky'dir. Türler arasında en az fosfor birikimi *G. orientalis* 'nın serpantin üstünden alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası fosfor birikiminde en büyük fark yaklaşık 6 kat ile *Rhamnus rhodopea*' da gözlemlenmiştir. Serpantinovag türler içinde *A. pateri* subsp. *pateri* haricindeki tüm türlerde serpantin üzerinden alınan örneklerde fosfor miktarı daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.19 Bitki örneklerinde fosfor analizi bulguları

İst No	Bitki No	Tür	P (mg kg-1)
B12	G54	Pa	42
B8	G31	StS	57
B16	G104	StD	68
B10	G68	CdS	48
B17	G96	CdD	70
B11	G58	ApS	94
B17	G94	ApD	88
B14	G75	GtS	17
B16	G92	GtD	45
B13	G83	RS	21
B17	G97	RD	118



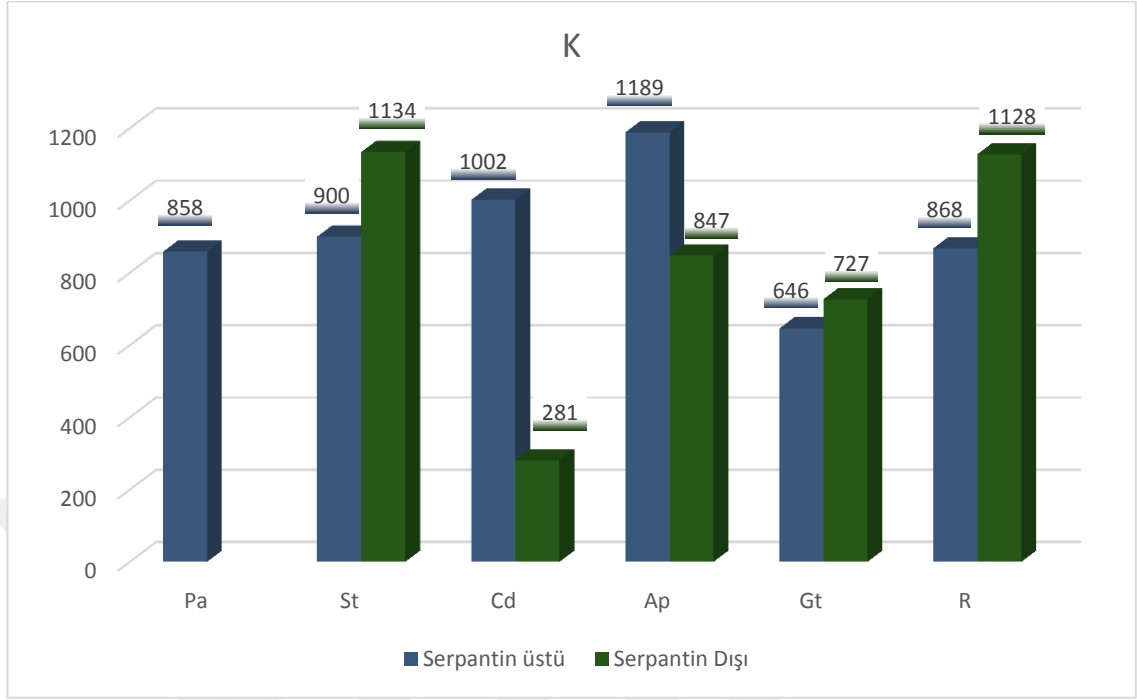
Şekil 5.22 Bitki örneklerinde fosfor içeriği (mg kg⁻¹)

5.2.3 Bitkide Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na) ve Magnezyum (Mg) Analizleri Bulguları

Çizelge 5.20 Bitki örneklerinde K, Ca, Na, Mg analizleri bulguları

İst No	Bitki No	Tür	Ca	K	Mg	Na	(mg kg-1)
B12	G54	Pa	1788	858	5633	31	
B8	G31	StS	2217	900	8842	35	
B16	G104	StD	7722	1134	907	95	
B10	G68	CdS	2450	1002	8096	8	
B17	G96	CdD	4962	281	1227	25	
B11	G58	ApS	2003	1189	13733	6	
B17	G94	ApD	3755	847	1482	11	
B14	G75	GtS	1002	646	7168	0	
B16	G92	GtD	4723	727	1296	0	
B13	G83	RS	1130	868	1214	0	
B17	G97	RD	1654	1128	1519	19	

Bitki örneklerinde potasyum analizi bulguları



Şekil 5.23 Bitki örneklerinde potasyum içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 858 mg kg⁻¹ potasyum biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 900 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 1134 mg kg⁻¹ potasyum biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 1002 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 281 mg kg⁻¹ potasyum biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 1189 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 847 mg kg⁻¹ potasyum biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 646 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 727 mg kg⁻¹ potasyum biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 868 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 1128 mg kg⁻¹ potasyum biriktirmiştir (Çizelge 5.20, Şekil 5.23).

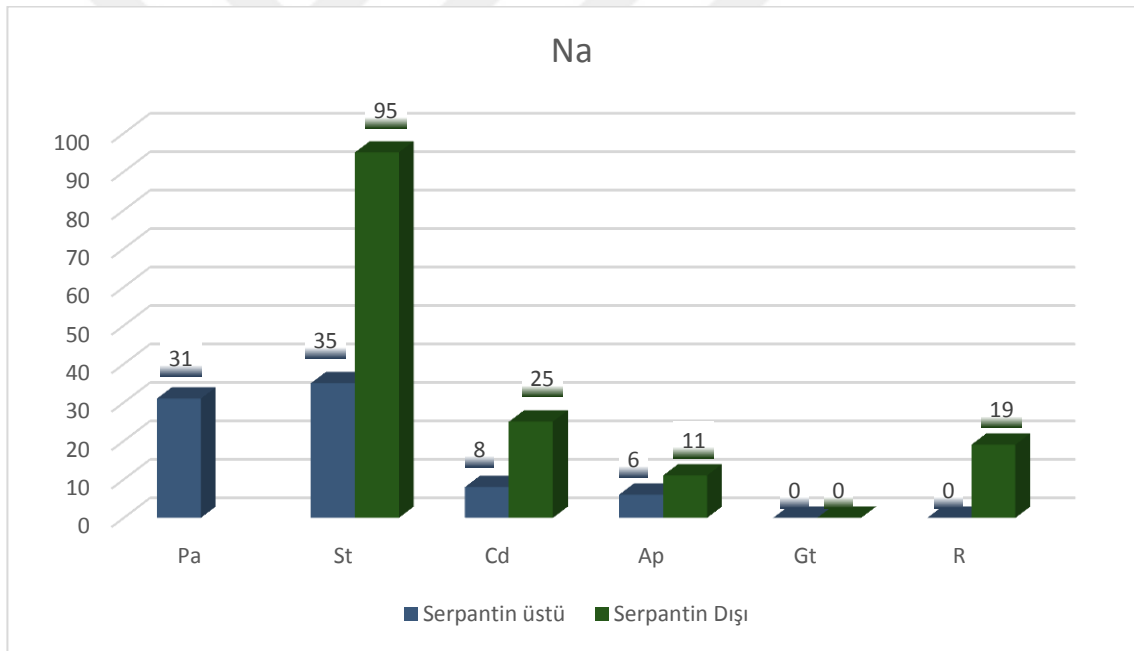
Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok potasyum biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri* iken serpantin dışında en çok potasyum biriktiren tür *S. tomentosa*'dır.

Türler arasında en az potasyum birikimi *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası potasyum birikiminde en büyük fark yaklaşık 3.6 kat ile *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da gözlemlenmiştir.

Analiz edilen bitki türlerinin genel olarak potasyum içeriğinin yüksek olduğu saptanmıştır. Potasyum bitkilerin olumsuz koşullara dayanıklılığını ve direncini arttırmaya yardımcı olmaktadır.

Bitki örneklerinin sodyum analizi bulguları



Şekil 5.23 Bitki örneklerinde sodyum içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 31 mg kg⁻¹ sodyum biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 35 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 95 mg kg⁻¹ sodyum biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 8 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 25 mg kg⁻¹ sodyum biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri*, serpantin üstünden alınan örnekte 6 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 11 mg kg⁻¹

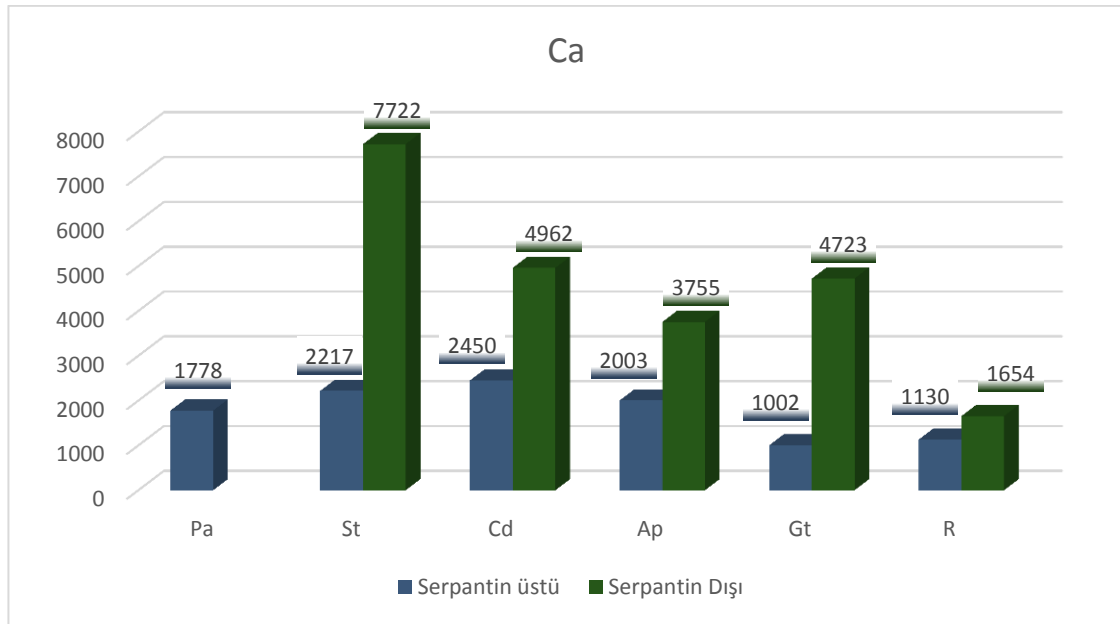
potasyum biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden ve dışından alınan her iki örneğinde de eser miktarda sodyum bulunmaktadır. *Rhamnus rhodopea*'nın serpantin üstünden alınan örneğinde eser miktarda' dışından alınan örneğinde ise 19 mg kg⁻¹ sodyum biriktirmiştir (Çizelge 5.20, Şekil 5.23).

Serpantin üstünden de dışından da alınan örneklerden bünyesinde en çok sodyum biriktiren *S. tomentosa*'dır. Türler arasında en az sodyum birikimine eser miktarda *G. orientalis*'in karşılaştırmalı her iki örneğinde ve *Rhamnus rhodopea*'nın serpantin üstünden alınan örneğinde rastlanmıştır.

Türler arası sodyum birikiminde en büyük fark yaklaşık 2.7 kat ile *S. tomentosa*'da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde sodyum miktarının daha düşük olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinde kalsiyum analizi bulguları



Şekil 5.24 Bitki örneklerinde kalsiyum içeriği (mg kg-1)

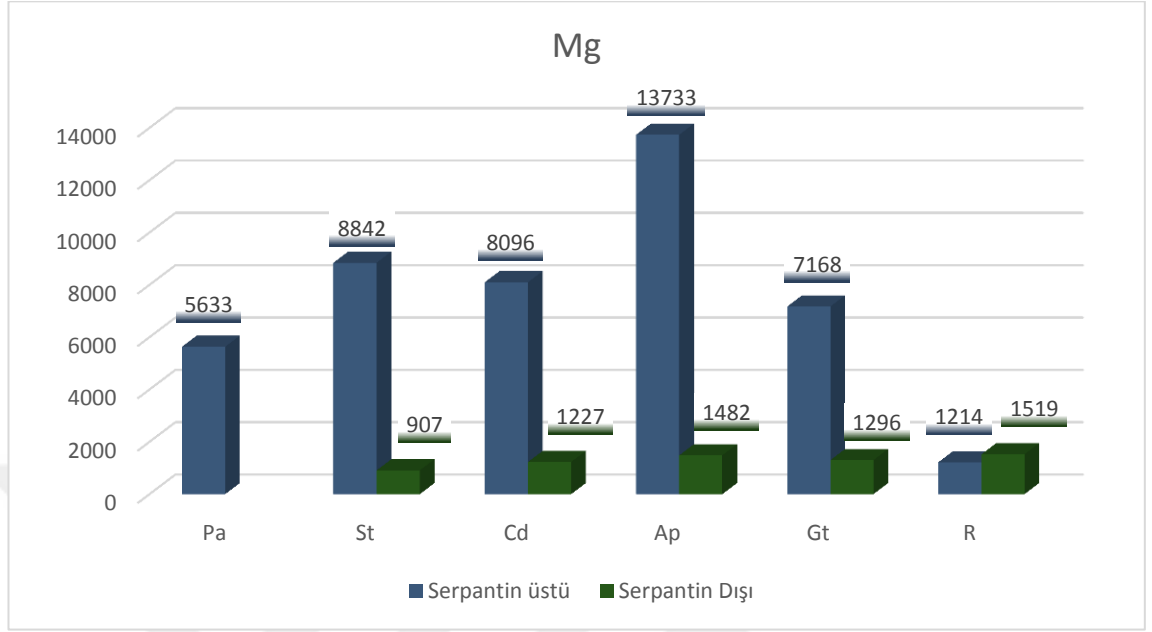
Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 1778 mg kg⁻¹ kalsiyum biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 2217 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 7722 mg kg⁻¹ kalsiyum biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 2450 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 4962 mg kg⁻¹ kalsiyum biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 2003 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 3755 mg kg⁻¹ kalsiyum biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 1002 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 4723 mg kg⁻¹ kalsiyum biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 1130 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 1654 mg kg⁻¹ kalsiyum biriktirmiştir (Çizelge 5.20, Şekil 5.24).

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok kalsiyum biriktiren *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* iken serpantin dışında en çok kalsiyum biriktiren tür *S. tomentosa*'dır. Türler arasında en az kalsiyum birikimi *G. orientalis* 'nın serpantin üstünden alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası kalsiyum birikiminde en büyük fark yaklaşık 5 kat ile *G. orientalis*'de gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde kalsiyum miktarının daha düşük olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinde magnezyum analizi bulguları



Şekil 5.25 Bitki örneklerinde magnezyum içeriği (mg kg-1)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 5633 mg kg-1 magnezyum biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 8842 mg kg-1, serpantin dışından alınan örnekte ise 907 mg kg-1 magnezyum biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 8096 mg kg-1, dışından alınan örnekte ise 1227 mg kg-1 magnezyum biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 13733 mg kg-1, dışından alınan örnekte ise 1482 mg kg-1 magnezyum biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 7168 mg kg-1' dışından alınan örnekte ise 1296 mg kg-1 magnezyum biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 1214 mg kg-1' dışından alınan örnekte ise 1519 mg kg-1 magnezyum biriktirmiştir (Çizelge 5.20, Şekil 5.25).

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok magnezyum biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri* iken serpantin dışında en çok magnezyum biriktiren tür *Rhamnus rhodopea*'dır. Türler arasında en az magnezyum birikimi *S. tomentosa*'nın serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası magnezyum birikiminde en büyük farklar yaklaşık 10 kat ile *S. tomentosa* ve yaklaşık 9 kat ile *A. pateri* subsp. *pateri*'de gözlemlenmiştir. *Rhamnus rhodopea* hariç serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde magnezyum miktarının daha yüksek olduğu saptanmıştır.

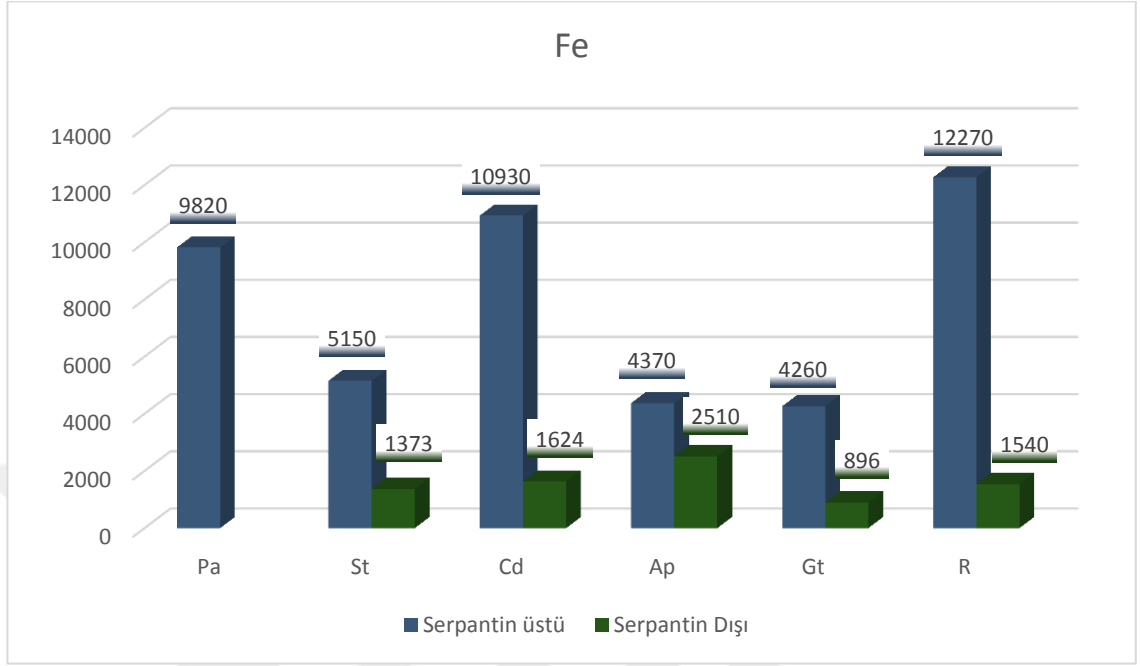


5.2.4 Bitkide Demir (Fe), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Krom (Cr), Kobalt (Co) ve Mangan (Mn) Analizleri Bulguları

Çizelge 5.21 Bitki örneklerinde Fe, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Mn analizi bulguları

İst No	Bitki No	Tür	Fe	Zn	Cu	Mn	Cr	Co	Ni	(mg kg-1)
B12	G54	Pa	9820	5,4	2,3	610	0,026	4	63	
B8	G31	StS	5150	3,1	2,9	910	0,043	0,6	8,3	
B16	G104	StD	1373	22	1,6	91,6	0,014	0,5	2	
B10	G68	CdS	10930	15,4	2,1	70	0,013	4,4	66	
B17	G96	CdD	1624	11,1	0,8	107,6	0,001	1,3	34	
B11	G58	ApS	4370	6,1	2,4	747,7	0,011	14	1849	
B17	G94	ApD	2510	9,5	0,6	120	0,002	4	400	
B14	G75	GtS	4260	8,2	1,2	824	0,009	0,5	11,6	
B16	G92	GtD	896	10,5	1,7	86	0,004	0,07	3,4	
B13	G83	RS	12270	4,3	1,5	624	0,006	0	3,1	
B17	G97	RD	1540	5,6	0,2	45,8	0,007	0	0,9	

Bitki örneklerinde demir analizi bulguları



Şekil 5.26 Bitki örneklerinin demir içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 9820 mg kg⁻¹ demir biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 5150 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 1373 mg kg⁻¹ demir biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 10930 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 1624 mg kg⁻¹ demir biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 4370 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 2510 mg kg⁻¹ demir biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 4260 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 896 mg kg⁻¹ demir biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 12270 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 1540 mg kg⁻¹ demir biriktirmiştir (Çizelge 5.21, Şekil 5.26).

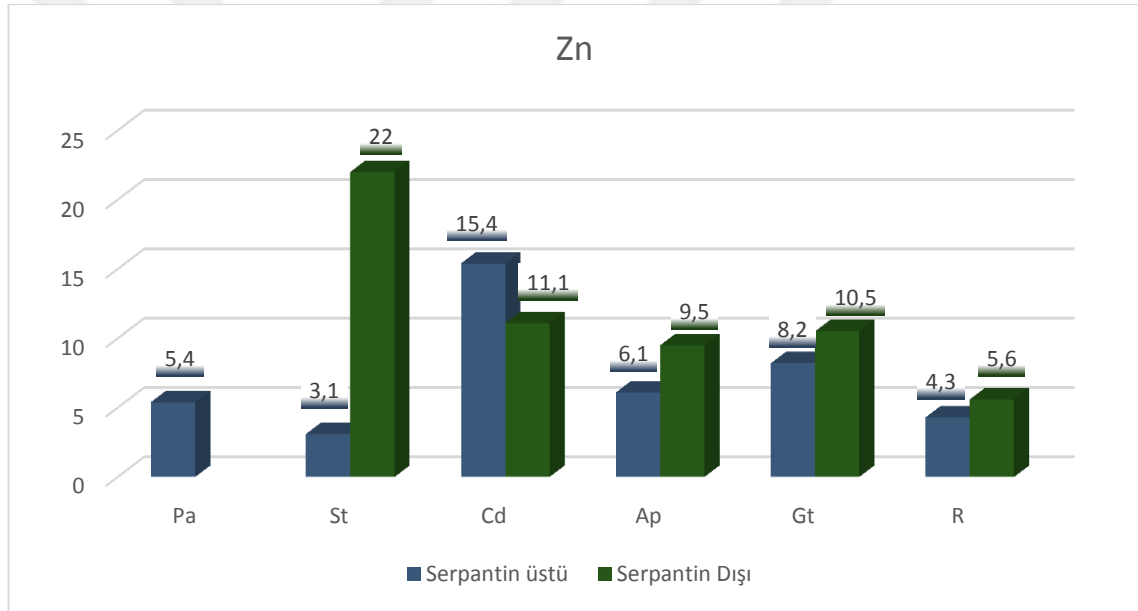
Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok demir biriktiren *Rhamnus rhodopea* iken serpantin dışında en çok demir biriktiren tür *A. pateri* subsp. *pateri*'dir.

Türler arasında en az demir birikimi *G. orientalis* 'nın serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası demir birikiminde en büyük fark 8 kat ile *Rhamnus rhodopea* ' da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla demir miktarının oldukça yüksek olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinin çinko analizi bulguları



Şekil 5.27 Bitki örneklerinin çinko içeriği (mg kg-1)

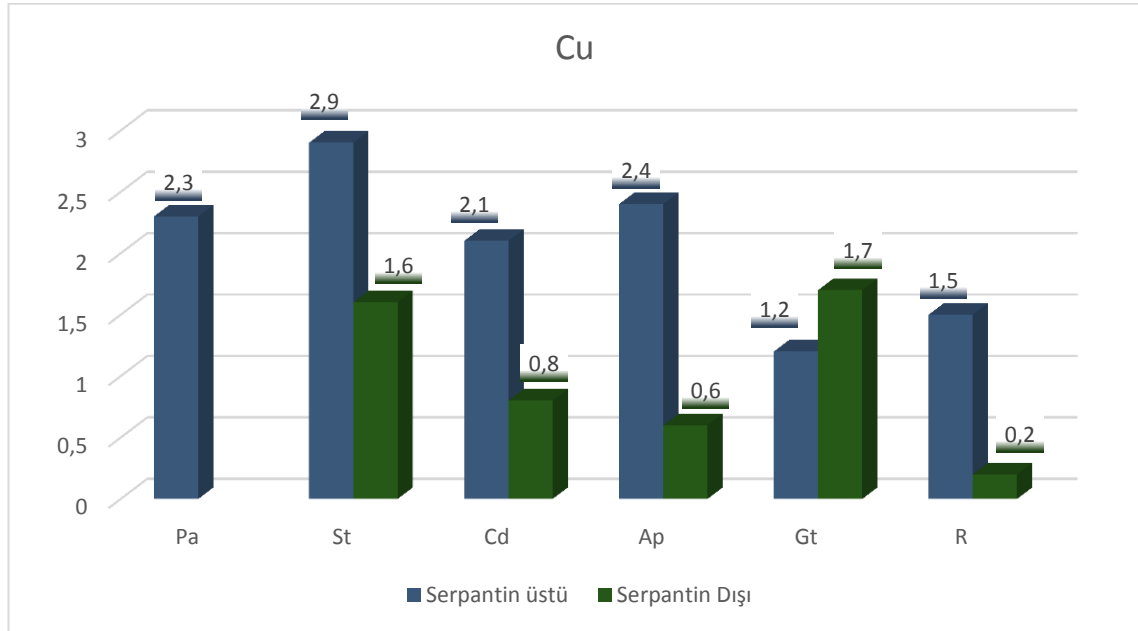
Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 5.4 mg kg-1 çinko biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 3.1 mg kg-1, serpantin dışından alınan örnekte ise 22 mg kg-1 çinko biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 15.4 mg kg-1, dışından alınan örnekte ise 11.1 mg kg-1 çinko biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri*, serpantin üstünden alınan örnekte 6.1 mg kg-1, dışından alınan örnekte ise 9.5 mg kg-1 çinko biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 8.2 mg kg-

1' dışından alınan örnekte ise 10.5 mg kg⁻¹ çinko biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 4.3 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 5.6 mg kg⁻¹ çinko biriktirmiştir (Çizelge 5.21, Şekil 5.27).

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok çinko biriktiren *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* iken serpantin dışında en çok çinko biriktiren tür *S. tomentosa*'dır. Türler arasında en az çinko birikimi *S. tomentosa*'nın serpantin üstünden alınan örneğinde gözlemlenmiştir. Türler arası çinko birikiminde en büyük fark 7 kat ile *S. tomentosa*'da gözlemlenmiştir.

C. drabifolia subsp. *cappadocica* hariç serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla çinko miktarının düşük olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinin bakır analizi bulguları

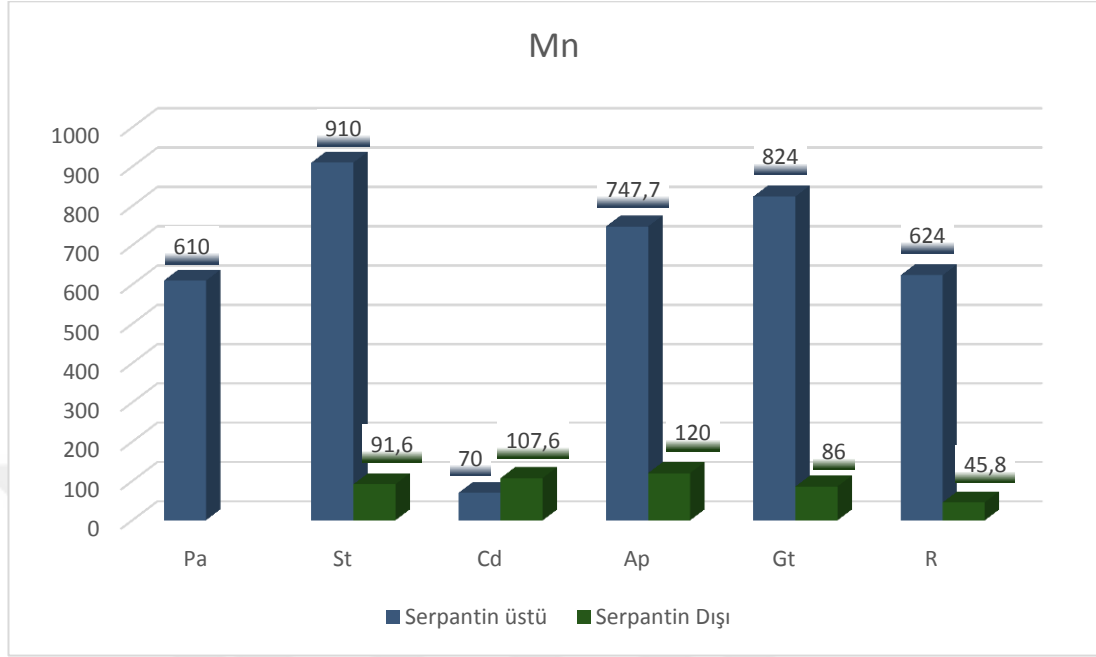


Şekil 5.28 Bitki örneklerinin bakır içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 2.3 mg kg⁻¹ bakır biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 2.9 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 1.6 mg kg⁻¹ bakır biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 2.1 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 0.8 mg kg⁻¹ bakır biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 2.4 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 0.6 mg kg⁻¹ bakır biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 1.2 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 1.7 mg kg⁻¹ bakır biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 1.5 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 0.2 mg kg⁻¹ bakır biriktirmiştir (Çizelge 5.21, Şekil 5.28).

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok bakır biriktiren *S. tomentosa* iken serpantin dışında en çok bakır biriktiren tür *G. orientalis* 'dır. Türler arasında en az bakır birikimi *Rhamnus rhodopea*'un serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir. Türler arası bakır birikiminde en büyük fark 7.5 kat ile *Rhamnus rhodopea*'da gözlemlenmiştir. *G. orientalis* hariç serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla bakır miktarının yüksek olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinin mangan analizi bulguları



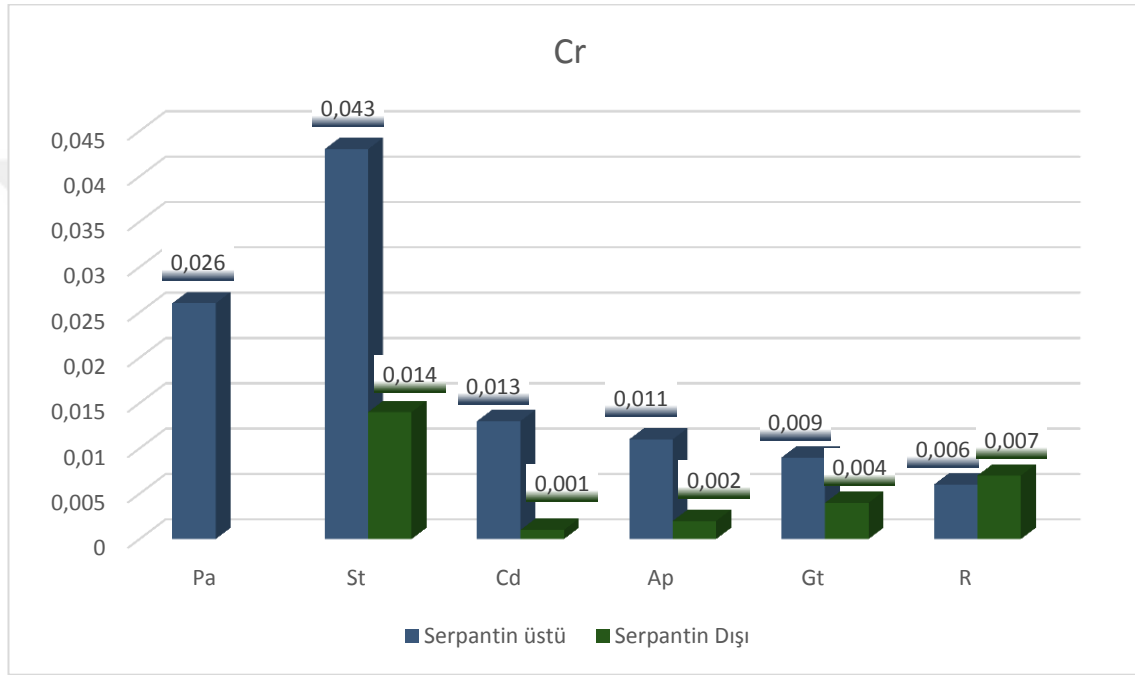
Şekil 5.29 Bitki örneklerinin mangan içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 610 mg kg⁻¹ mangan biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 910 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 91,6 mg kg⁻¹ mangan biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 70 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 107,6 mg kg⁻¹ mangan biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 747,7 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 120 mg kg⁻¹ mangan biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 824 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 86 mg kg⁻¹ mangan biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea*, serpantin üstünden alınan örnekte 624 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 45,8 mg kg⁻¹ mangan biriktirmiştir (Çizelge 5.21, Şekil 5.29).

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok mangan biriktiren *S. tomentosa* iken serpantin dışında en çok mangan biriktiren tür *A. pateri* subsp. *pateri*'dir. Türler arasında en az mangan birikimi *Rhamnus rhodopea*'nın serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası mangan birikiminde en büyük fark 14 kat ile *Rhamnus rhodopea*'da gözlemlenmiştir. *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* hariç serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla mangan miktarının yüksek olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinin krom analizi bulguları



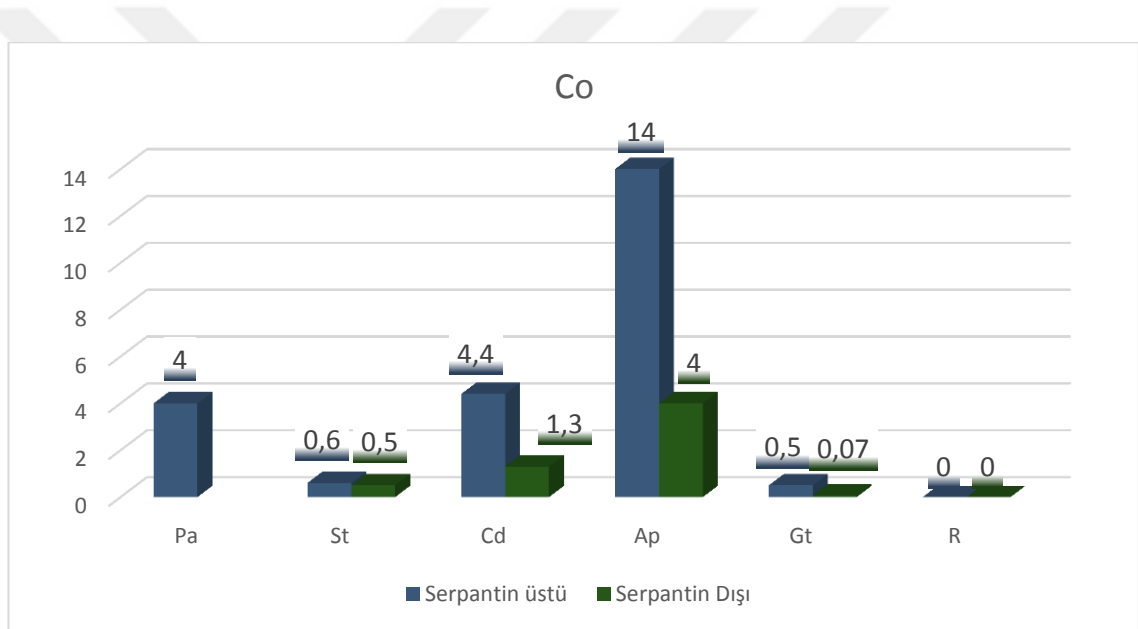
Şekil 5.30 Bitki örneklerinin krom içeriği (mg kg⁻¹)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 0.026 mg kg⁻¹ krom biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 0.043 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 0.014 mg kg⁻¹ krom biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 0.013 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 0.001 mg kg⁻¹ krom biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri* serpantin üstünden alınan örnekte 0.011 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 0.002 mg kg⁻¹ krom biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 0.009 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 0.004 mg kg⁻¹ krom biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea*, serpantin üstünden alınan örnekte 0.006 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 0.007 mg kg⁻¹ krom biriktirmiştir (Çizelge 5.21, Şekil 5.30).

Serpantin üzerinden ve dışından alınan örneklerde bünyesinde en çok krom biriktiren *S. tomentosa*'dır. Türler arasında en az krom birikimi *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'un serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Türler arası krom birikiminde en büyük fark 13 kat ile *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da gözlemlenmiştir. *Rhamnus rhodopea* hariç serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla krom miktarının yüksek olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinin kobalt analizi bulguları



Şekil 5.31 Bitki örneklerinin kobalt içeriği (mg kg-1)

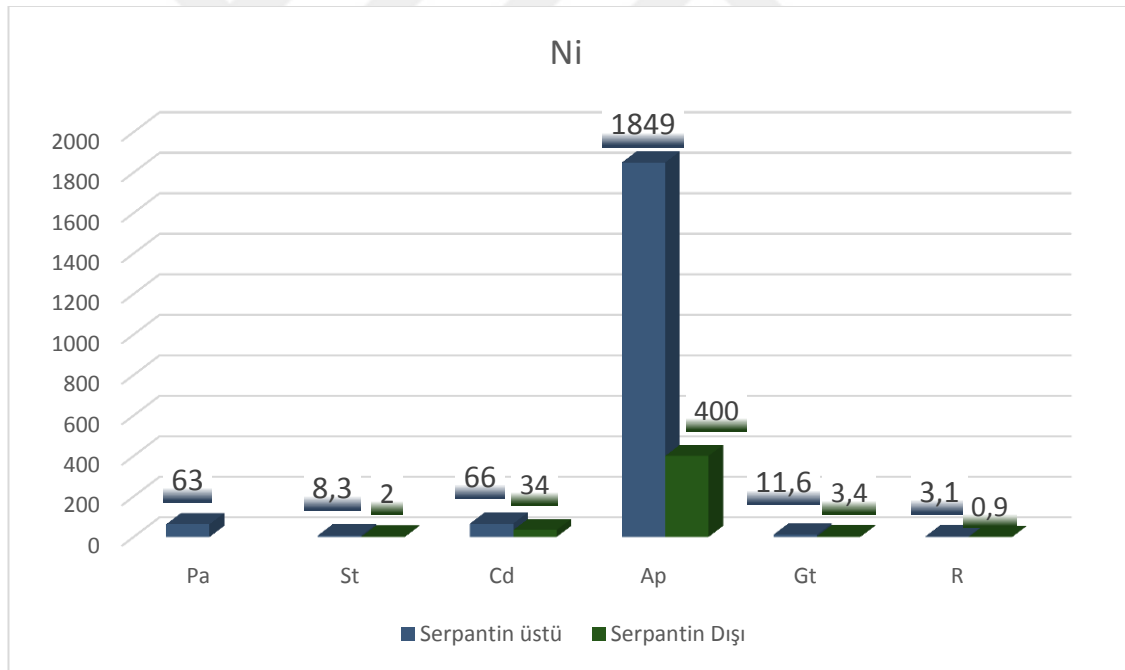
Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 4 mg kg⁻¹ kobalt biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 0.6 mg kg⁻¹, serpantin dışından alınan örnekte ise 0.5 mg kg⁻¹ kobalt biriktirmiştir. *Centaurea drabifolia* subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 4.4 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 1.3 mg kg⁻¹ kobalt biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri*, serpantin üstünden alınan örnekte 14 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 4 mg kg⁻¹ kobalt biriktirmiştir. *G. orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 0.5 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 0.007 mg kg⁻¹ kobalt biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea*'da

ise hem serpantin üstünden hem de serpantin' dışından alınan örnekte eser miktarda kobalta rastlanmıştır (Çizelge 5.21, Şekil 5.31).

Serpantin üzerinden ve dışından alınan örneklerde bünyesinde en çok kobalt biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri*'dir. Türler arasında en az kobalt birikimi *Rhamnus rhodopea*'da eser miktarla gözlemlenmiştir.

Türler arası kobalt birikiminde en büyük fark yaklaşık 3.5 kat ile *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* ve *A. pateri* subsp. *pateri*'de gözlemlenmiştir. *Rhamnus rhodopea* hariç serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla kobalt miktarının yüksek olduğu saptanmıştır.

Bitki örneklerinin nikel analizi bulguları



Şekil 5.32 Bitki örneklerinin nikel içeriği (mg kg-1)

Serpantinofit tür olan *Paronychia angorensis* 63 mg kg-1 nikel biriktirmişken, serpantinovag türlerden *Scorzonera tomentosa* serpantin üstünden alınan örnekte 8.3 mg kg-1, serpantin dışından alınan örnekte ise 2 mg kg-1 nikel biriktirmiştir. *Centaurea*

drabifolia subsp. *cappadocica* serpantin üstünden alınan örnekte 66 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 34 mg kg⁻¹ nikel biriktirmiştir. *Alyssum pateri* subsp. *pateri*, serpantin üstünden alınan örnekte 1849 mg kg⁻¹, dışından alınan örnekte ise 400 mg kg⁻¹ nikel biriktirmiştir. *Globularia orientalis* serpantin üstünden alınan örnekte 11.6 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 3.4 mg kg⁻¹ nikel biriktirmiştir. *Rhamnus rhodopea* serpantin üstünden alınan örnekte 3.1 mg kg⁻¹ dışından alınan örnekte ise 0.9 mg kg⁻¹ nikel biriktirmiştir (Çizelge 5.21, Şekil 5.32).

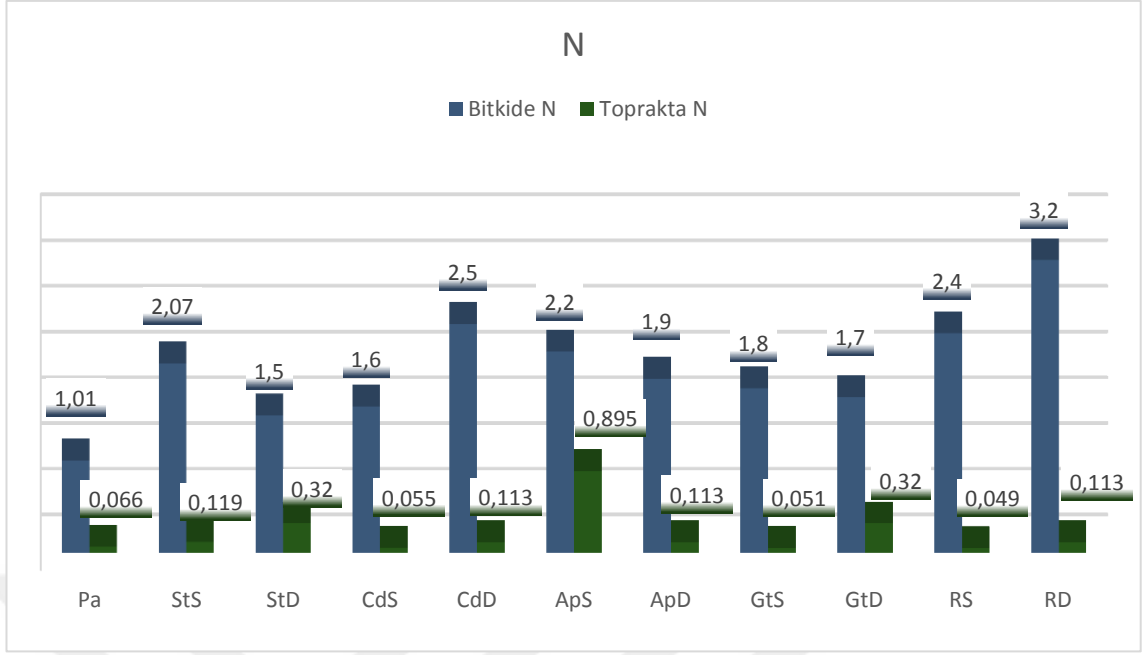
Serpantin üzerinden ve dışından alınan örneklerde bünyesinde en çok nikel biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri*'dir. Türler arasında en az nikel birikimi *Rhamnus rhodopea*'da gözlemlenmiştir.

Türler arası nikel birikiminde en büyük fark 4.6 kat ile *A. pateri* subsp. *pateri*'de gözlemlenmiştir. Tüm serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla nikel miktarının en az 2 en fazla 4.6 kat yüksek olduğu saptanmıştır.

5.3 Bitki ve toprak örneklerinin elementel kompozisyonlarının karşılaştırılması

Azot

Topraktaki azot miktarı organik madde ile doğrudan ilişkilidir. Doğanın azot bankası atmosfer, toprağinki ise topraktaki organik maddedir. Organik maddelerin zamanla parçalanması ile içindeki azottan bitki faydalanabilir.



Şekil 5.33 Bitki ve toprak örneklerinde azot içeriğinin karşılaştırılması

Bir toprağın organik maddesi düşükse genellikle azot miktarı da düşük bulunmaktadır. Ülkemiz topraklarının çoğunun organik madde içeriği düşük olduğundan azot eksikliği de sıkça görülen bir problemdir.

Karşılaştırmalı olarak serpantin üstünden ve serpantin dışından (marnlı-kalkerli) alınan toprak örneklerinde serpantinli topraklarda organik maddenin oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumla paralel olarak serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinde, serpantinli topraktaki azot miktarları serpantin dışı toprakların azot miktarından genellikle düşük olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5.33).

Bitkilerde azot miktarlarının topraklara göre yüksek çıkması beklenen bir durum olup bitkilerin toplam ağırlığının büyük kısmını azotlu bileşikler oluşturmaktadır. Vejetatif gelişim, büyüme kontrolü, protein sentezi gibi yaşamsal faaliyetlerde kilit rol oynayan azot miktarı türlerin genotiplerine ve çevre koşullarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

Özellikle kuraklık stresi, besin elementi eksikliği gibi stres faktörleriyle karşı karşıya kalındığında bitkideki azot miktarı artabilmektedir.

Bitkideki azot/topraktaki azot oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 15 kat olarak tespit edilmiştir.

Serpantinovag türlerde farklar ise;

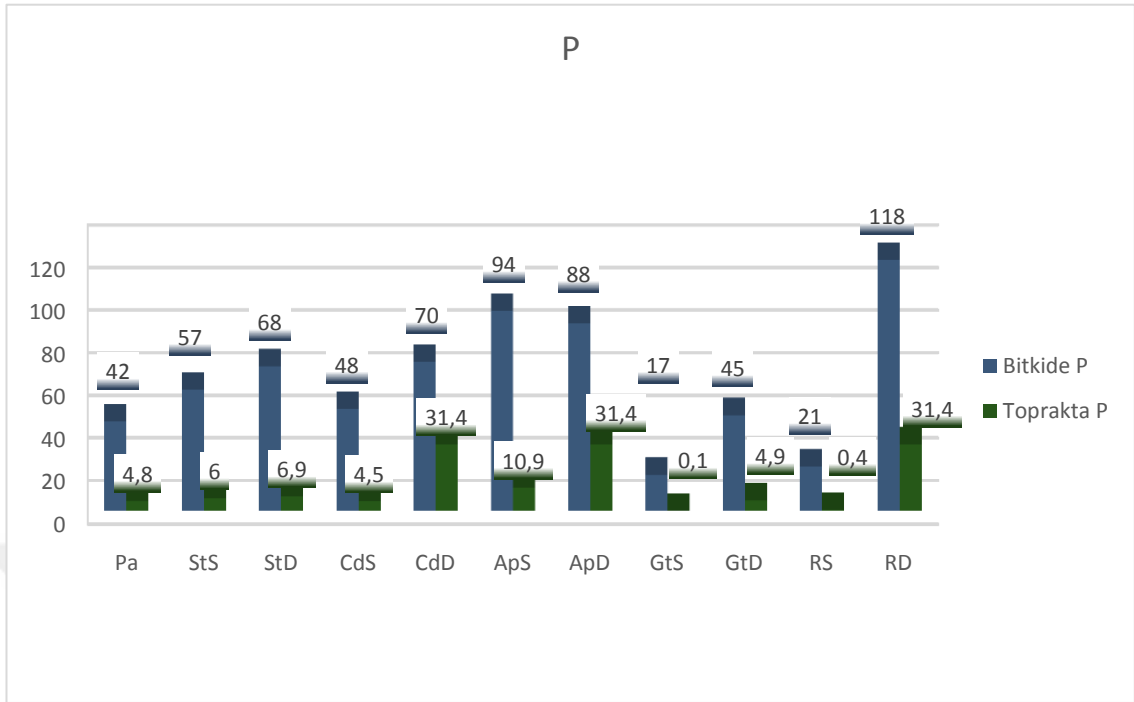
- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 17 kat, serpantin dışı substratta 5 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 29 kat, serpantin dışı substratta 22 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 2.5 kat, serpantin dışı substratta 17 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 35 kat, serpantin dışı substratta 5 kat,
- *Rhamnus rhodopea* 'da serpantin substratta 49 kat, serpantin dışı substratta 28 kat olarak tespit edilmiştir.

Her bitkinin azot birikimini etkileyen birçok faktör olmakla beraber *A. pateri* subsp. *pateri* hariç diğer tüm örneklerde serpantin substratta bitkiyi azot biriktirmeye iten güçlü olumsuz koşullar olduğu söylenebilir. Bu koşullar serpantin habitatlardaki kuraklık stresi veya diğer besin elementlerinin noksanlığından kaynaklanabilmektedir.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre azot biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 3.5 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 1.3 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 6.8 kat, *G. orientalis* 7 kat, *Rhamnus rhodopea* 1.8 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında azot birikimine toleransı en yüksek bitki *G. orientalis* 'dır.

Fosfor

Fosfor yaşamsal bir element olup noksanlığı bitkilerin generatif organlarına zarar veren, büyümeyi inhibe eden dayanıklılığı azaltan, gelişimi zayıflatan ciddi bir stres faktörüdür.



Şekil 5.34 Bitki ve toprak örneklerinde fosfor içeriğinin karşılaştırılması

Serpantin substratlar üzerinde fosfor serpantin dışı substratlara göre daha az bulunmaktadır (Şekil 5.34). Kuraklık veya ekstrem sıcaklıklar fosfor alımını etkilemektedir.

Bitkideki fosfor/topraktaki fosfor oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 8.75 kat olarak tespit edilmiştir.

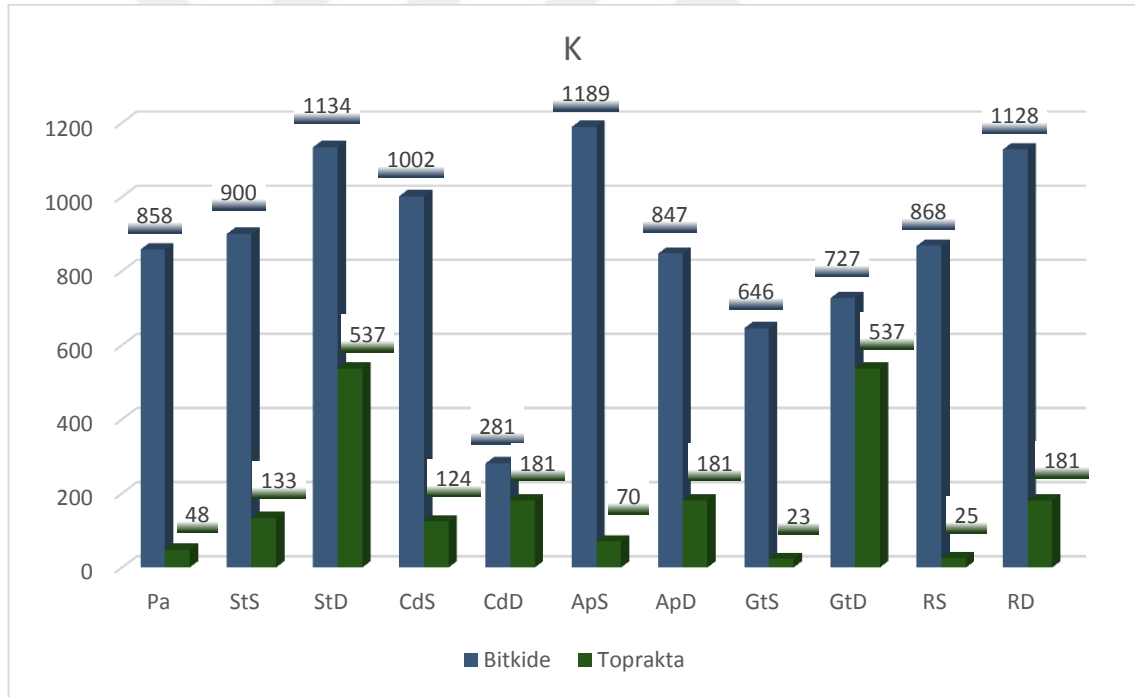
Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 9.5 kat, serpantin dışı substratta 9.8 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 11 kat, serpantin dışı substratta 2.2 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 8.6 kat, serpantin dışı substratta 2.8 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 170 kat, serpantin dışı substratta 9 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 52.5 kat, serpantin dışı substratta 3.8 kat olarak tespit edilmiştir.

Her bitkinin fosfor birikimini etkileyen birçok faktör olmakla beraber *S. tomentosa* hariç diğer tüm örneklerde serpantin substratta bitkiyi fosfor biriktirmeye iten güçlü olumsuz koşullar olduğu söylenebilir. Bu koşullar serpantin habitatlardaki kuraklık stresi veya diğer besin elementlerinin noksanlığından kaynaklanabilmektedir.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre fosfor biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 0.9 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 5 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 3 kat, *G. orientalis* 18 kat, *Rhamnus rhodopea* 14 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında fosfor birikimine toleransı en yüksek bitki *G. orientalis* 'dır.

Potasyum



Şekil 5.35 Bitki ve toprak örneklerinde potasyum içeriğinin karşılaştırılması

Bitkilerin yaz kuraklığını atlatmasında yardımcı olan, donlara ve hastalıklara karşı dirençli olmasını sağlayan potasyum tohum oldgunlaşması, kök sistemi gelişimi, klorofil oluşumu ve su alımında önemli rol oynamaktadır.

Fosfor fazlalığından ileri gelen kalitesiz tohum dolgunluğunu engellemenin yanı sıra eğer yeterli miktarda ise bitkinin terleme ile su kaybını azaltmaktadır.

Analiz sonuçlarına bakıldığında serpantin substratlar üzerinde potasyum serpantin dışı substratlara göre daha az bulunmaktadır. Bitkilerdeki K miktarı bitki türlerine göre değişim göstermektedir.

Bitkideki potasyum/topraktaki potasyum oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 18 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.35).

Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 7 kat, serpantin dışı substratta 2 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 8 kat, serpantin dışı substratta 1.5 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 17 kat, serpantin dışı substratta 4.6 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 28 kat, serpantin dışı substratta 1.3 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 34 kat, serpantin dışı substratta 6 kat olarak tespit edilmiştir.

Her bitkinin potasyum birikimini etkileyen birçok faktör olmakla beraber istisnasız tüm örneklerde serpantin substratta bitkiyi potasyum biriktirmeye iten güçlü olumsuz koşullar olduğu söylenebilir.

Bu olumsuz koşullarla baş edebilmek için serpantin habitatlara adapte olan bitkiler bünyelerinde potasyumu yüksek miktarda tutarak potasyumun gelişimlerinde bir kol değneği vazifesi görmesini sağlamaktadırlar.

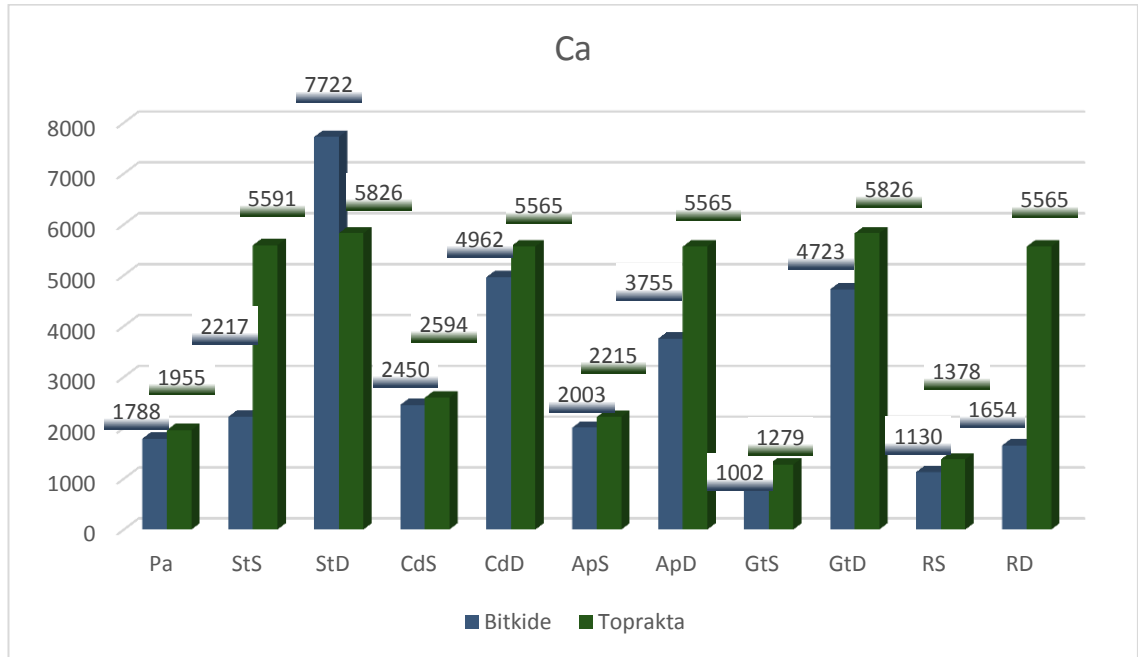
Tüm görevlerinin yanı sıra serpantin habitatlar için oldukça önemli olan kök sistemlerinin gelişimine destek olup kök su çekişini artırması kuraklığıyla bilinen

serpantin habitatlarda tutunmaya çalışan bitkiler için bünyesinde potasyum biriktirmesi akılcı bir çözüm olarak düşünülebilir.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre potasyum biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 3.5 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 5 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 3.7 kat, *G. orientalis* 21 kat, *Rhamnus rhodopea* 5.6 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında potasyum birikimine toleransı en yüksek bitki *G. orientalis* 'dır.

Kalsiyum

Bitkilerin hücre duvarının yapısını düzenleyen kalsiyum, aynı zamanda verimliliği arttırmaktadır. Analiz sonuçlarına bakıldığında serpantin habitatlarda Ca miktarı serpantin dışındaki habitatlarla kıyaslandığında düşüktür. Bu özellik serpantinli toprakların karakteristik özelliklerinden biri olup bu topraklarda gelişen bitkiler için bir stres faktörü teşkil etmektedir.



Şekil 5.36 Bitki ve toprak örneklerinde kalsiyum içeriğinin karşılaştırılması

Serpantinli topraklar verimsiz olarak bilinmekte olup aynı zamanda toksik etki yaratacak derecede kimi ağır metalleri içermektedir. Kalsiyumun topraktaki toksik maddelerin çökmesini sağlayıcı özelliği, noksan olduğu topraklarda işlevsiz kalmaktadır.

Bitkilerdeki eksikliği kök uçlarının büyümesini durdurur ve bu durum bitki gelişimi için ciddi bir tehdit unsurudur. Bitkilerdeki Ca miktarı bitki türlerine göre değişim göstermektedir.

Bitkideki kalsiyum/topraktaki kalsiyum oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 0.9 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.36).

Serpantinovag türlerde ise;

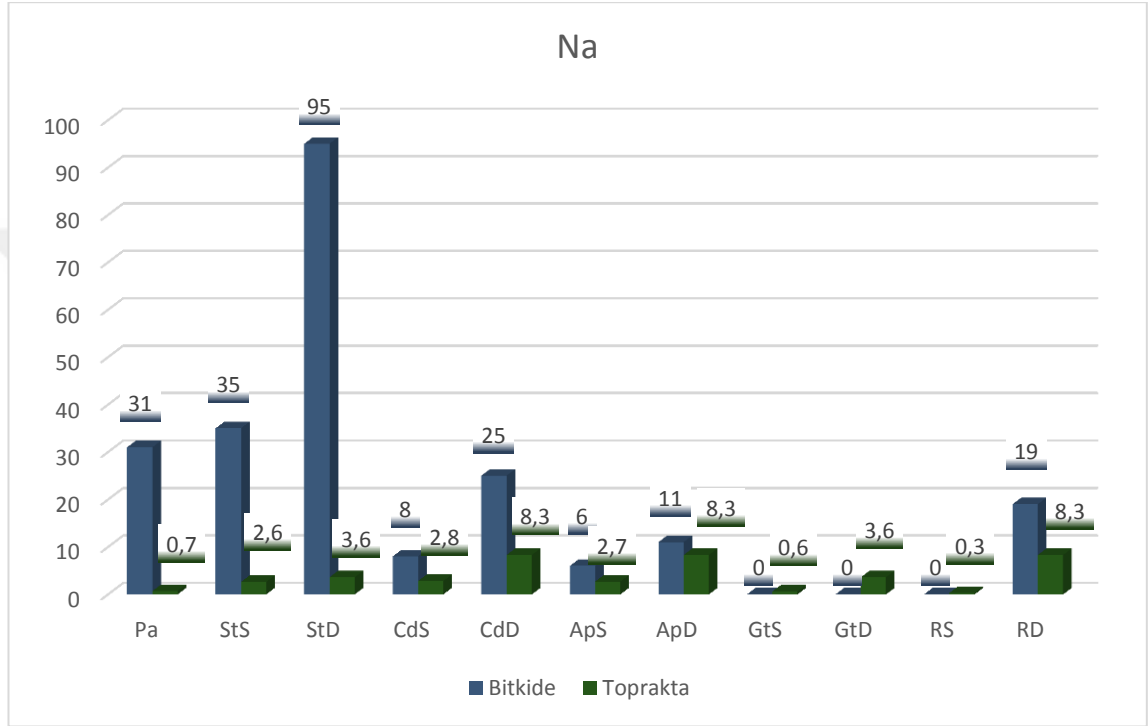
- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 0.4 kat, serpantin dışı substratta 1.3 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin ve serpantin dışı substratta 0.9 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 0.1 kat, serpantin dışı substratta 0.7 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin ve serpantin dışı substratta 0.8 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 0.8 kat, serpantin dışı substratta 0.3 kat olarak tespit edilmiştir.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre kalsiyum biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 0.3 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 1 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 0.14 kat, *G. orientalis* 1 kat, *Rhamnus rhodopea* 2.6 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında kalsiyum birikimine toleransı en yüksek bitki *Rhamnus rhodopea*'dır.

P. angorensis, *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*, *G. orientalis* neredeyse topraktaki kalsiyumun tamamını bünyesine almıştır. Bu bakımdan kalsiyum indikatörü oldukları düşünülebilir. *Rhamnus rhodopea* ise mevcut kalsiyumun neredeyse 3 katını alarak bünyesinde biriktirmiştir. Bu durum *Rhamnus rhodopea*'nın çalı formunda olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Serpantin üzerindeki serpantinovag türlerin hepsinin de topraktaki kalsiyumun neredeyse tamamını almaya eğilimli olmaları dikkat çekmektedir. Bu durum serpentine adaptasyon eğilimi olarak görülebilir.

Sodyum



Şekil 5.37 Bitki ve toprak örneklerinde sodyum içeriğinin karşılaştırılması

Sodyum bitkide belli miktarlarda bulunan, mobil olarak yer alan yani bitkide kullanımının ardından bitkinin başka kısımlarına taşınabilen fakat bitkinin gelişimi için mecburi gerek duyulmayan faydalı elementlerdendir.

Araştırma bulgularına göre sodyum istisnasız serpantin üstünden alınan tüm toprak örneklerinde serpantin dışı habitatlarla karşılaştırıldığında düşük olarak gözlemlenmiştir.

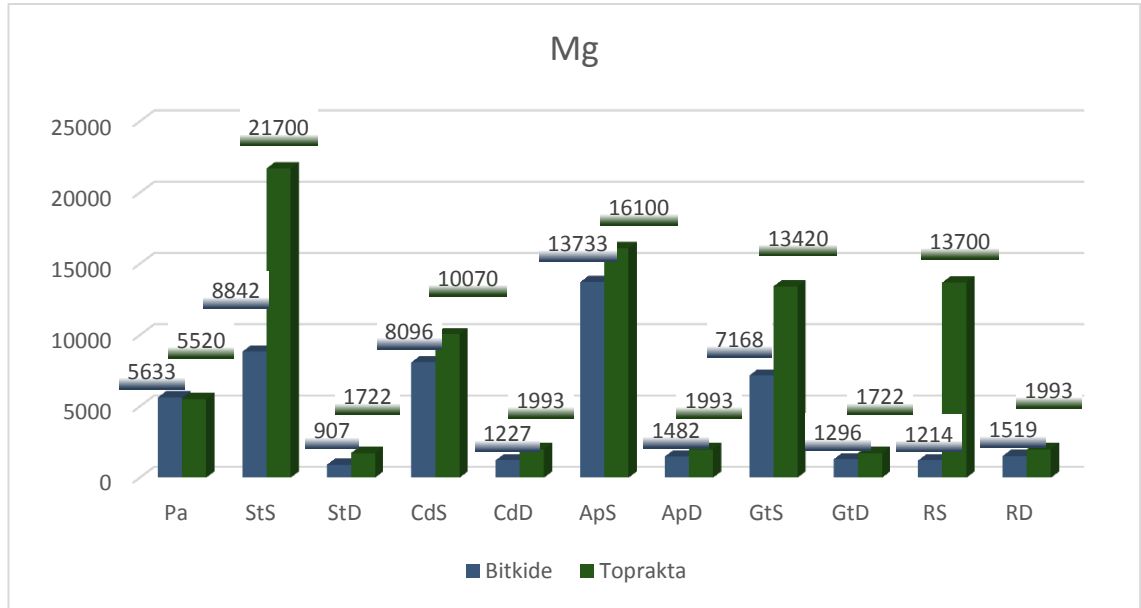
Bitkideki sodyum/topraktaki sodyum oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 44 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.3.5).

Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 13 kat, serpantin dışı substratta 26 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin ve serpantin dışı substratta 3 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 2 kat, serpantin dışı substratta 1.3 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin ve serpantin dışı substratta eser miktarda olduğu için fark yoktur.
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta fark yok, serpantin dışı substratta 2.2 kat olarak tespit edilmiştir.

Serpantinofit tür olan *P. angorensis* topraktaki sodyum miktarınının 44 katını bünyesinde barındırmaktadır. Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre sodyum biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 2 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 1 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 1.5 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında sodyum birikimine toleransı en yüksek bitki *S. tomentosa*'dır.

Magnezyum



Şekil 5.38 Bitki ve toprak örneklerinde magnezyum içeriğinin karşılaştırılması

Magnezyum klorofilin merkez atomu olup fotosentezde hayati rol oynamaktadır. Aynı zamanda ATP yapımında yardımcıdır ve protein sentezinde, çoğu enzimin aktivasyonunda rol oynamaktadır.

Bazı durumlarda toprakta yeterli miktarda bulunsa dahi magnezyum eksikliği görülebilmektedir. Diğer elementlerin durumu da Mg alınımını azaltabilir. Serpantinde magnezyum yüksek miktarda bulunmaktadır ve bu durum toksik etki yaratarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında serpantin substratlar üzerinde magnezyum serpantin dışı substratlara göre belirgin bir şekilde çok daha fazla bulunmaktadır. Bitki örneklerine bakıldığında aynı şekilde türlerin serpantin üzerinden alınan örneklerindeki magnezyum içeriği, serpantin dışından alınan türlerin magnezyum içeriğine göre oldukça yüksektir.

Substrata bağlı olarak bitkilerdeki Mg miktarı bitki türlerine göre de değişim göstermektedir.

Bitkideki magnezyum/topraktaki magnezyum oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan

P. angorensis'de fark 1 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.3.6). Bu durumda *P. angorensis* topraktaki magnezyumun neredeyse tamamını alma eğilimindedir. Bu durum magnezyum toksisitesine karşı önemli bir direnç mekanizması sağlamaktadır.

Serpantinovag türlerde ise;

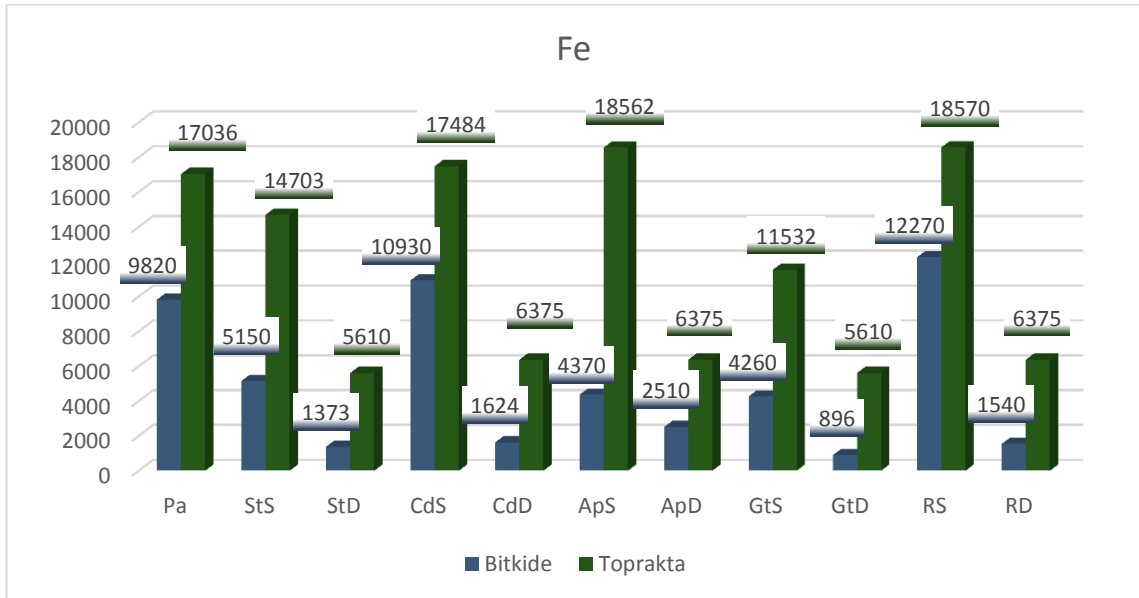
- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 0.4 kat, serpantin dışı substratta 0.5 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 0.8 kat, serpantin dışı substratta 0.6 kat,

- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 0.8 kat, serpantin dışı substratta 0.7 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 0.5 kat, serpantin dışı substratta 0.7 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 0.08 kat, serpantin dışı substratta 0.8 kat olarak tespit edilmiştir.

Mg toksisitesi bitkilerin gelişimi için son derece olumsuz koşullar sağlamaktadır. Bu olumsuz koşullarla baş edebilmek için serpantin habitatlara adapte olan bitkiler bünyelerinde magnezyumu yüksek miktarda tutmaktadırlar.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre magnezyum biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 0.8 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 1.3 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 1 kat, *G. orientalis* 0.7 kat, *Rhamnus rhodopea* 0.1 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında magnezyum birikimine toleransı en yüksek bitkiler *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* ve *A. pateri* subsp. *pateri* olarak belirlenmiştir.

Demir



Şekil 5.39 Bitki ve toprak örneklerinde demir içeriğinin karşılaştırılması

Demir bitkilerde en büyük ve hayati önemi solunum ve fotosentezde oynadığı rollerde taşımaktadır. Öte yandan enzim aktivasyonu, biyokimyasal reaksiyonlarda katalizörlük, protein sentezinde oynadığı rollerle de bitkiler için önemli bir elementtir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında serpantinli topraklardan alınan örneklerin tamamında demir içeriği serpantin dışından alınan örneklerle kıyaslandığında oldukça yüksek olarak belirlenmiştir.

Bitkilere bakıldığında ise seçilen aynı türlerin tamamında serpantin üzerinden alınan örneklerinde demir içeriği serpantin dışından alınan örneklere göre oldukça yüksektir.

Kurak koşullarda demir fazlalığına serbest radikaller sebep olabilmektedir. Fazla demir oksijen radikallerinin oluşumunu arttırmaktadır. Serpantinli topraklar yüksek demir içeriklerine karakterize edilmektedir.

Bitkideki demir/topraktaki demir oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 0.6 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.39).

Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 0.4 kat, serpantin dışı substratta 0.2 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 0.6 kat, serpantin dışı substratta 0.2 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 0.2 kat, serpantin dışı substratta 0.3 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 0.4 kat, serpantin dışı substratta 0.15 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'de serpantin substratta 0.6 kat, serpantin dışı substratta 0.2 kat olarak tespit edilmiştir.

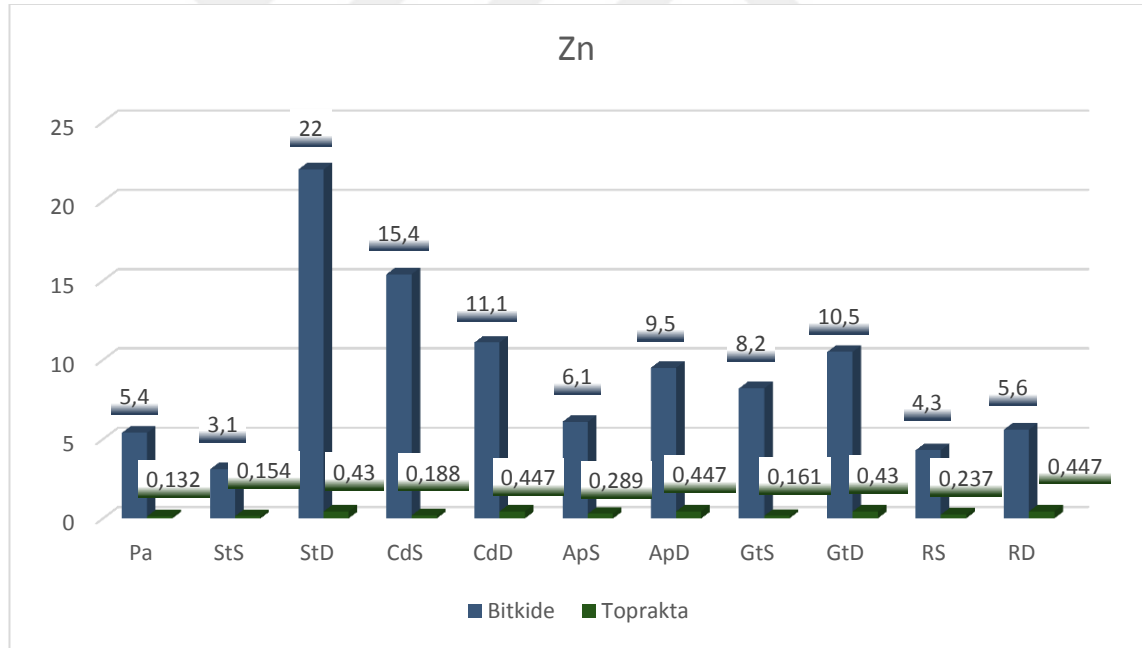
Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre demir biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 2 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 3 kat, *A. pateri*

subsp. *pateri* 0.7 kat, *G. orientalis* 2.7 kat, *Rhamnus rhodopea* 3 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında demir birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.

Çinko

Çinko birçok biyokimyasal reaksiyonda katalizörlük yapmaktadır. RNA sentezi, bitkide N metabolizması, tohum olgunlaşması, oksin sentezi ve internod uzamasında önemli roller oynamaktadır.

Analiz sonuçlarına bakıldığında serpantinli topraklardan alınan örneklerin tamamında çinko içeriği serpantin dışından alınan örneklerle kıyaslandığında oldukça düşük olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.40 Bitki ve toprak örneklerinde çinko içeriğinin karşılaştırılması

Bitkilere bakıldığında ise genellikle serpantin üzerinden alınan örneklerinde çinko içeriği serpantin dışından alınan örneklere göre oldukça düşüktür.

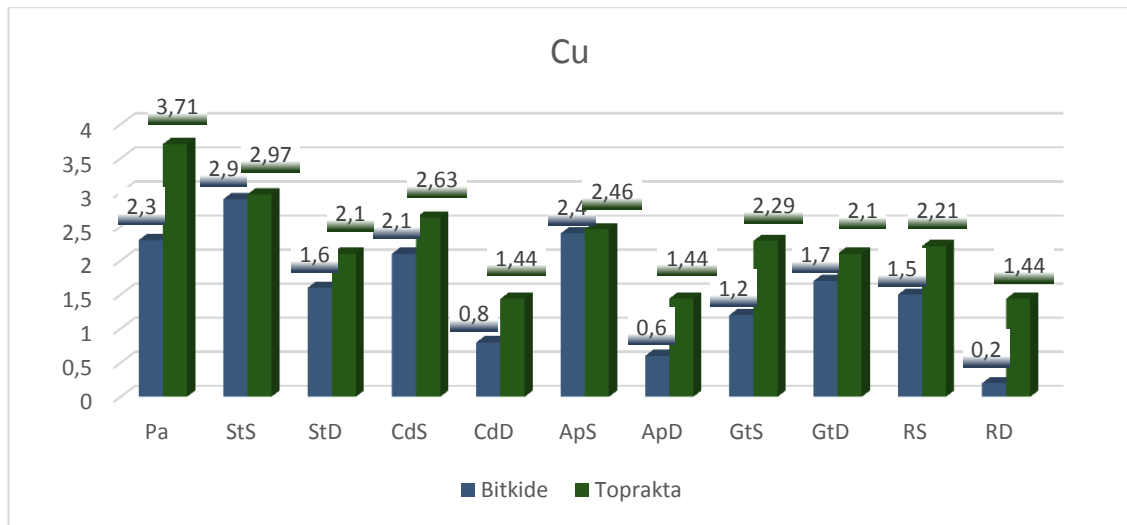
Bitkideki çinko/topraktaki çinko oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 18 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.40).

Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 20 kat, serpantin dışı substratta 51 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 81 kat, serpantin dışı substratta 25 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 21 kat, serpantin dışı substratta 21 kat,
- *G. orientalis*'de serpantin substratta 51 kat, serpantin dışı substratta 24 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 18 kat, serpantin dışı substratta 13 kat olarak tespit edilmiştir.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre çinko biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 0.4 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 3.2 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 1 kat, *G. orientalis* 2.1 kat, *Rhamnus rhodopea* 1.4 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında çinko birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.

Bakır



Şekil 5.41 Bitki ve toprak örneklerinde bakır içeriğinin karşılaştırılması

Bakır, klorofil üretim, solunum, elektron taşınması, protein sentezi, karbonhidrat metabolizmasının kontrolü vb. aktivitelerde önemli rol oynayan bir elementtir. Bitkinin nem kontrolü ve hastalıklara karşı direncinde etkilidir. Fazlalığı ise toksik etki yaratarak bitkilerin kök ve sürgün gelişimini olumsuz etkilemektedir.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki bakır miktarları serpantin dışı toprakların bakır miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir.

Bitkideki bakır/topraktaki bakır oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 0.6 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.41).

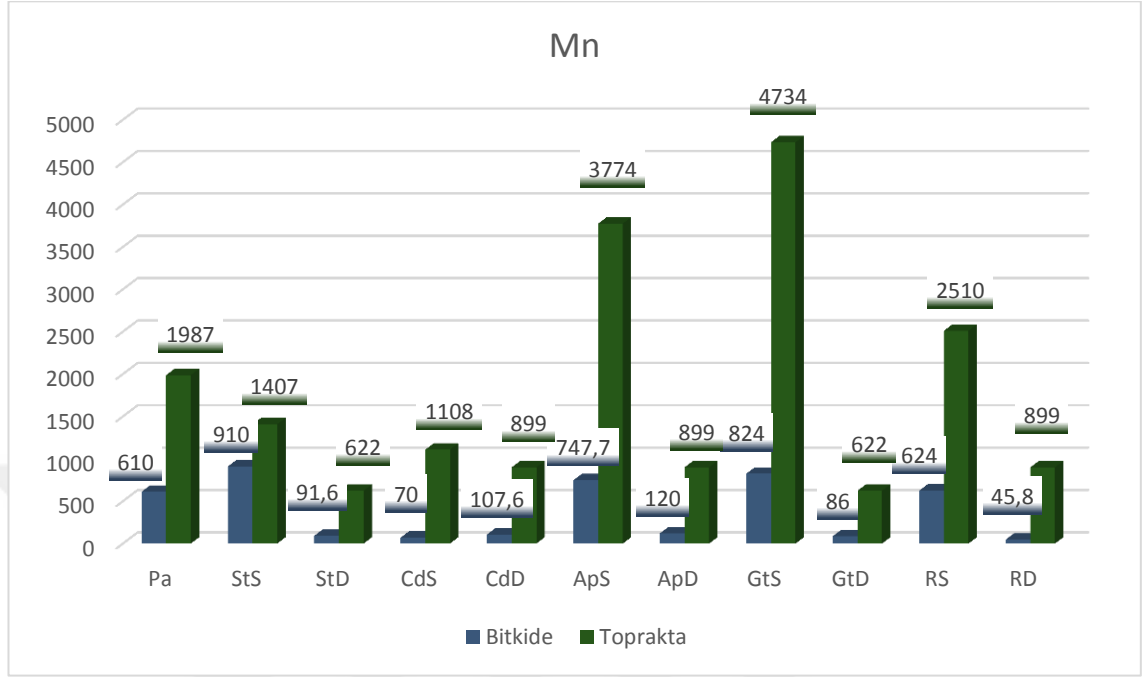
Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 1 kat, serpantin dışı substratta 0.8 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 0.8 kat, serpantin dışı substratta 0.5 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 1 kat, serpantin dışı substratta 0.4 kat,
- *G. orientalis*'da serpantin substratta 0.5 kat, serpantin dışı substratta 0.8 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 0.7 kat, serpantin dışı substratta 0.1 kat olarak tespit edilmiştir.

G. orientalis hariç diğer tüm örneklerde serpantin substratta bitkilerde bakır birikimi serpantin dışı substrata göre fazladır. Bu fazlalık bitkilerin gelişimini sınırlandırmaktadır.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre bakır biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 1.25 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 1.6 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 2.5 kat, *G. orientalis* 0.6 kat, *Rhamnus rhodopea* 7 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında bakır birikimine toleransı en yüksek bitki *Rhamnus rhodopea*'dır.

Mangan



Şekil 5.42 Bitki ve toprak örneklerinde mangan içeriğinin karşılaştırılması

Mangan, olivinli gabro ve mikoşistlerde ve serpantinlerde fazla bulunmaktadır. Topraktaki çözünürlüğü mikroorganizma faaliyetlerine toprak suyu özelliklerine vb. göre değişmektedir.

Fotosentezde ise suyun parçalanmasında görev almaktadır. Eksikliğinde kloroplast oluşumu bozulurken hücreler ufalır ve hücre duvarı hakim konuma geçer. Fazlalığında ise kloroz görülür, oksin miktarı azalır ve bu durum bitki gelişimini olumsuz etkiler.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki mangan miktarları serpantin dışı toprakların mangan miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir.

Bitkideki mangan/topraktaki mangan oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 0.3 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.42).

Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 0.6 kat, serpantin dışı substratta 0.1 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 0.06 kat, serpantin dışı substratta 0.1 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 0.2 kat, serpantin dışı substratta 0.1 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 0.2 kat, serpantin dışı substratta 0.1 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 0.2 kat, serpantin dışı substratta 0.05 kat olarak tespit edilmiştir.

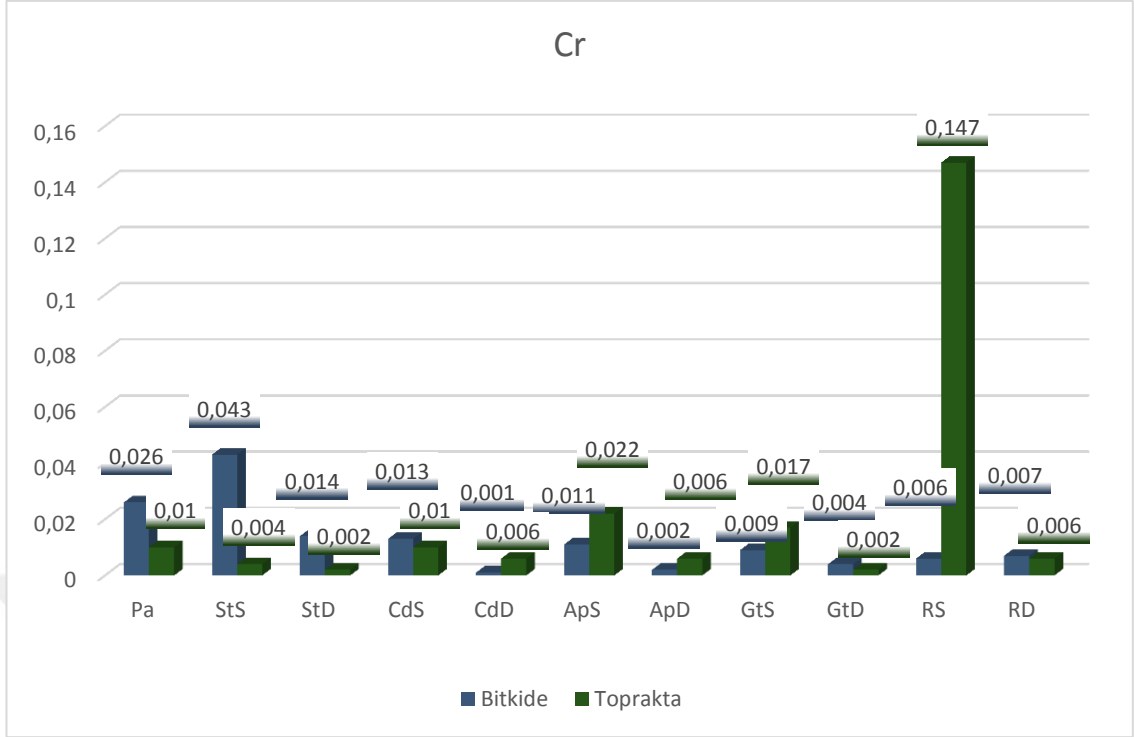
Tüm örneklerde serpantin substratta bitkilerde mangan birikimi serpantin dışı substrata göre fazladır. Bu fazlalık bitkilerin gelişimini sınırlandırmaktadır.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre mangan biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 6 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 0.6 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* ve *G. orientalis* 2 kat, *Rhamnus rhodopea* 4 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında mangan birikimine toleransı en yüksek bitki *S. tomentosa* 'dır.

Krom

Krom bitkide tohum çimlenmesi, kök büyümesi gibi aktiviteleri olumsuz etkileyerek bitki gelişimini sınırlandırmaktadır. Toprakta da verimi ve kaliteyi düşürmektedir.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şekilde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki krom miktarları serpantin dışı toprakların krom miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 5.43 Bitki ve toprak örneklerinde krom içeriğinin karşılaştırılması

Bitkideki krom/topraktaki krom oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 2.6 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.43).

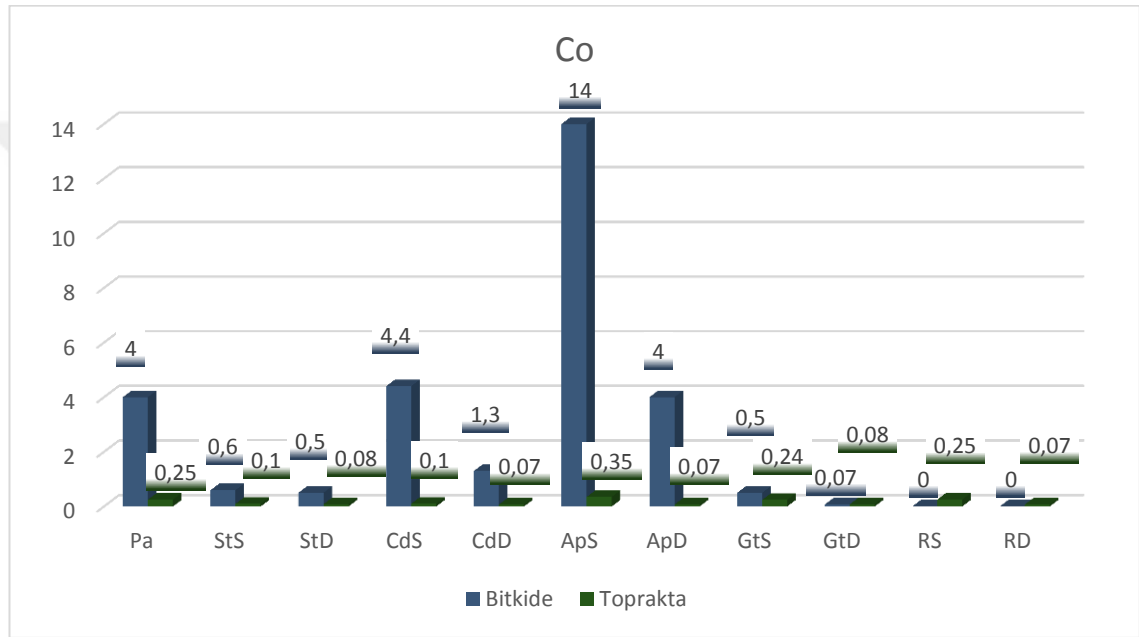
Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 10.7 kat, serpantin dışı substratta 7 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 1.3 kat, serpantin dışı substratta 0.2 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 0.5 kat, serpantin dışı substratta 0.3 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 0.5 kat, serpantin dışı substratta 2 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 0.04 kat, serpantin dışı substratta 1.1 kat olarak tespit edilmiştir.

Rhamnus rhodopea hariç bitki örneklerinde serpantin substrattaki krom birikimi serpantin dışı substrata göre fazladır. Bu fazlalık bitkilerin gelişimini sınırlandırmaktadır.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre krom biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 1.5 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 6.5 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 1.7 kat; *G. orientalis* 0.25 kat, *Rhamnus rhodopea* 0.04 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında krom birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.

Kobalt



Şekil 5.44 Bitki ve toprak örneklerinde kobalt içeriğinin karşılaştırılması

Kobalt bitkilerin parazitlere ve enfeksiyonlara karşı dirençliliğini arttırmaktadır. Bazı enzimlerin yapısında yer almakla beraber bitkinin nişasta miktarını da ayarlamaktadır.

Bitki büyümesini uyarıcı etkisi mevcuttur. Ağır metallerin toksik etkilerini tolere etmeye yardımcı olmaktadır. Azot sabitlemesinde önemli rol oynamaktadır.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki kobalt miktarları serpantin dışı toprakların kobalt miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir.

Aynı şekilde bitki örneklerinde de serpantin üzerinden alınan bitkilerdeki kobalt miktarı serpantin dışından alınan bitkilerinkinden yüksek bulunmuştur.

Bitkideki kobalt/topraktaki kobalt oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 16 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.3.12).

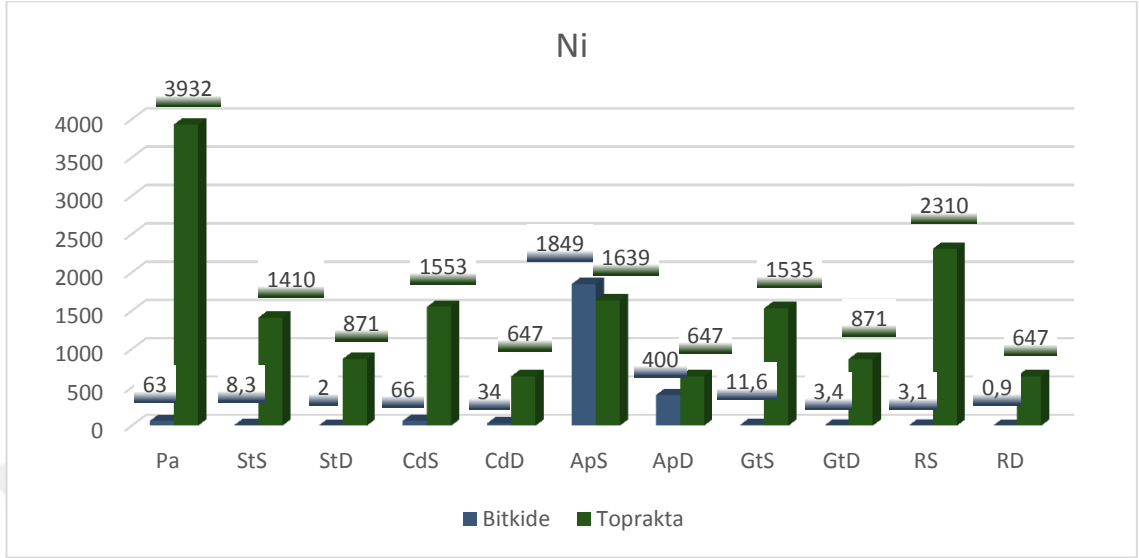
Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 6 kat, serpantin dışı substratta 6.2 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta 44 kat, serpantin dışı substratta 18.5 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 40 kat, serpantin dışı substratta 57 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 2 kat, serpantin dışı substratta 0.9 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da ise her iki substratta da bitkilerde eser miktarda bulunduğu için substratlar arası fark olmadığı tespit edilmiştir.

Bitki örneklerinde serpantin substrattaki kobalt birikimi serpantin dışı substrata göre fazladır.

Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre kobalt biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 1 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 2.4 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 0.7 kat; *G. orientalis* 2 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında kobalt birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.

Nikel



Şekil 5.45 Bitki ve toprak örneklerinde nikel içeriğinin karşılaştırılması

Nikel, günümüzde mutlak gerekli elementlerden biri olarak kabul edilmiş olup normalde toprakların çoğunda az miktarda bulunmaktadır. Ancak serpantinli topraklar yüksek Ni içeriği ile karakterize edilmektedir.

Nikel, topraktaki sızıntı suyuyla uzaklaşabilirken kurak bölgelerde birikmektedir. Nikel bitkilerdeki enzimlerde ve aktif merkezlerde yer alan ağır metallerle yer değiştirebilme yeteneğine sahiptir.

Tohum çimlenmesinde ihtiyaç duyulan bir element olan nikel bitkinin birçok mekanizması için de faydalıdır.

Ancak yüksek miktarda bulunan nikel toksik etki yaratarak bitkilerin zehirlenmesine sebep olmaktadır. Fazlalığında klorofil sentezi, besin alımı, yağ metabolizmasının çalışması olumsuz etkilenmektedir. Bu durumu önlemek adına kimi alanlarda K ve Ca gübrelenmesi yapılmaktadır.

Analiz sonuçlarına bakıldığında serpantinli topraklardan alınan örneklerin tamamında nikel içeriği serpantin dışından alınan örneklerle kıyaslandığında oldukça yüksek olarak

belirlenmiştir. Bitkilere bakıldığında ise serpantin üzerinden alınan tüm örneklerde nikel içeriği serpantin dışından alınan örneklere göre oldukça yüksektir.

Bitkideki nikel/topraktaki nikel oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 0.02 kat olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.45).

Serpantinovag türlerde ise;

- *S. tomentosa*'da serpantin substratta 0.005 kat, serpantin dışı substratta 0.002 kat,
- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da serpantin substratta ve serpantin dışı substratta 0.05 kat,
- *A. pateri* subsp. *pateri*'de serpantin substratta 1.1 kat, serpantin dışı substratta 0.6 kat,
- *G. orientalis* 'da serpantin substratta 0.007 kat, serpantin dışı substratta 0.003 kat,
- *Rhamnus rhodopea*'da serpantin substratta 0.002 kat, serpantin dışı substratta 0.001 kat olarak tespit edilmiştir.

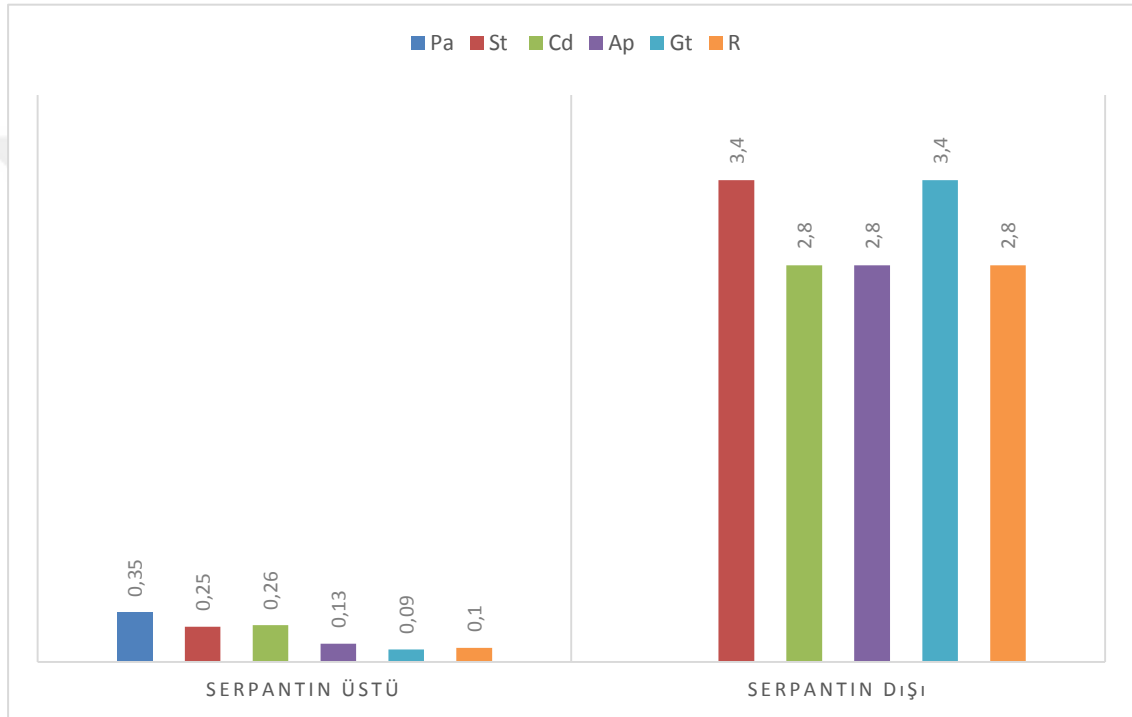
Serpantinovag türlerin substrat değişkenine göre nikel biriktirme kapasitesine baktığımızda; *S. tomentosa* 2.5 kat; *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* 1 kat, *A. pateri* subsp. *pateri* 1.8 kat, *G. orientalis* 23 kat, *Rhamnus rhodopea* 2 kat farkla birikim yaparak esneklik göstermişlerdir. Serpantinovag türler arasında bünyesinde en fazla nikel biriktiren takson *A. pateri* subsp. *pateri*, nikel birikimine en çok esneklik gösteren takson ise *G. orientalis*'dir.

5.4 Bitki ve Toprak Örneklerinin Ca:Mg ve Mg:Ni Oranları

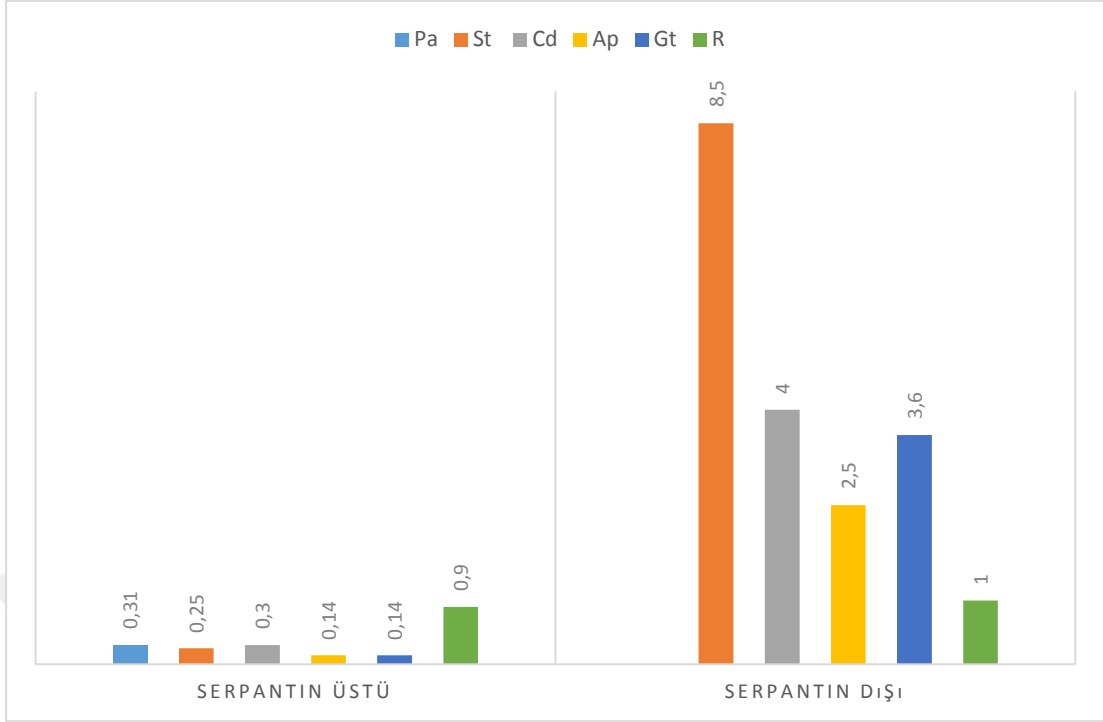
Serpantin içerikli toprakların Ca:Mg oranının düşüklüğü ile karakterize edilmektedir ve genellikle bu oranın <1 olması beklenir. Analiz sonuçlarına bakıldığında, serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinin tamamının Ca:Mg oranının bu bilgiyle paralel olarak oldukça düşük olduğu, karşıt olarak serpantin dışından alınan toprak örneklerinin Ca:Mg oranının ise 10 ila 38 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.46).

Serpantin habitatlara uyum sağlayan edafik uzmanların adaptasyon stratejilerinden en önemlilerinden biri, düşük Ca:Mg oranına tolerans göstermektir.

Serpantin üzerinde gelişen bitkilerde de Ca:Mg oranı topraklarla paralellik göstermektedir. Serpantin üzerindeki Ca:Mg oranı dışına göre oldukça düşüktür. Serpantin dışında gelişen bitkilerin Ca: Mg oranının 1 ila 34 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.47).



Şekil 5.46 Toprak örneklerinde Ca:Mg oranı



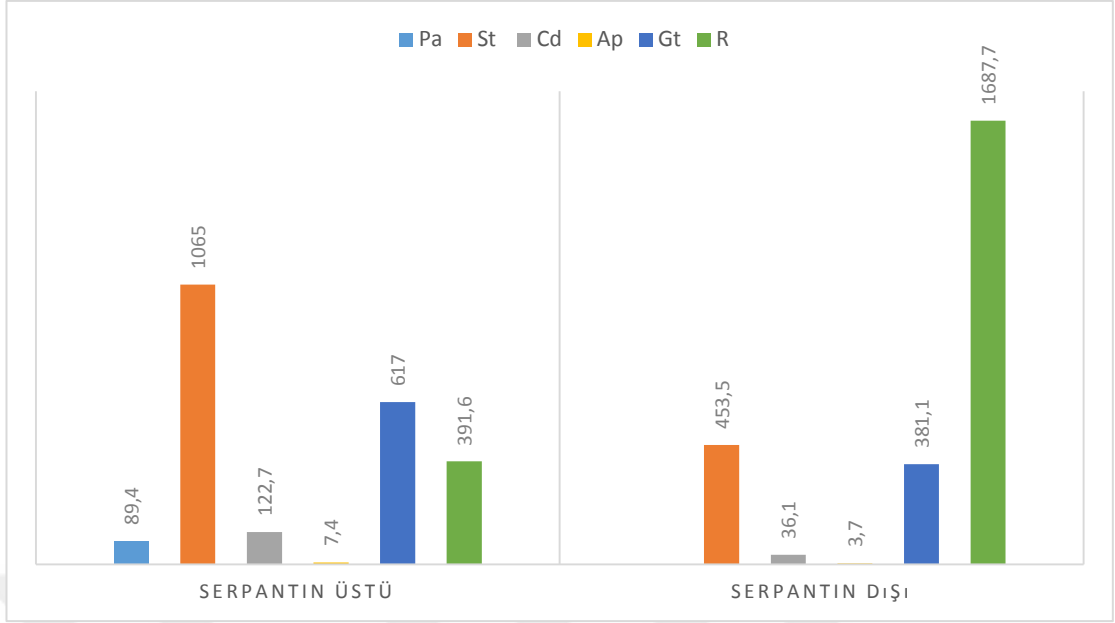
Şekil 5.47 Bitki örneklerinde Ca:Mg oranı

Serpantin sendromu söz konusu olduğunda en karakteristik elementlerin başını çeken magnezyum ve nikel içeriğine tüm örnekler kapsamında bakıldığında, toprakların genellikle bitkilerden daha fazla Mg ve Ni içerdiği görülmektedir.

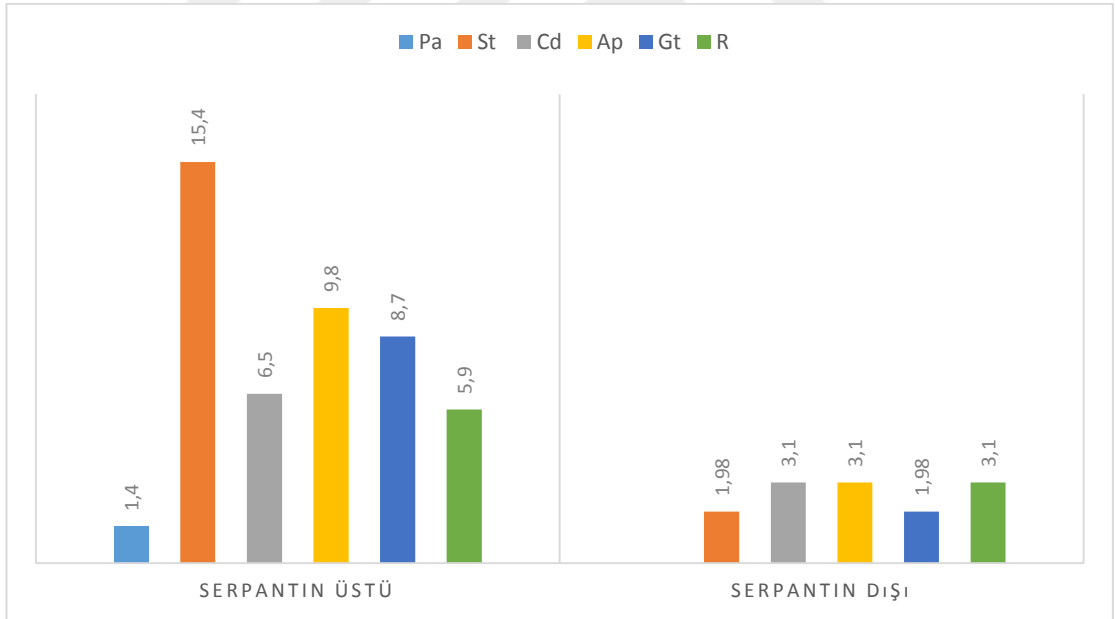
Bitkilerde Mg ve Ni bakımından en dikkat çekici birikim *A. pateri* subsp. *pateri*'nin serpantin üzerinden alınan örneğinde gözlemlenmektedir (Şekil 5.48). Mg:Ni oranı bakımından ise bitkilerde topraktaki orandan çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında, serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinin tamamında Mg:Ni oranının oldukça yüksek olduğu, karşıt olarak serpantin dışından alınan toprak örneklerinin Mg:Ni oranının ise 2 ila 8 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.49).

Serpantin üzerinde gelişen bitkilerde de Mg:Ni oranı *R. rhodopea* haricinde topraklarla paralellik göstermiş, serpantin üzerindeki Mg:Ni oranı dışına göre yüksek olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.48 Bitki örneklerinde Mg:Ni oranı



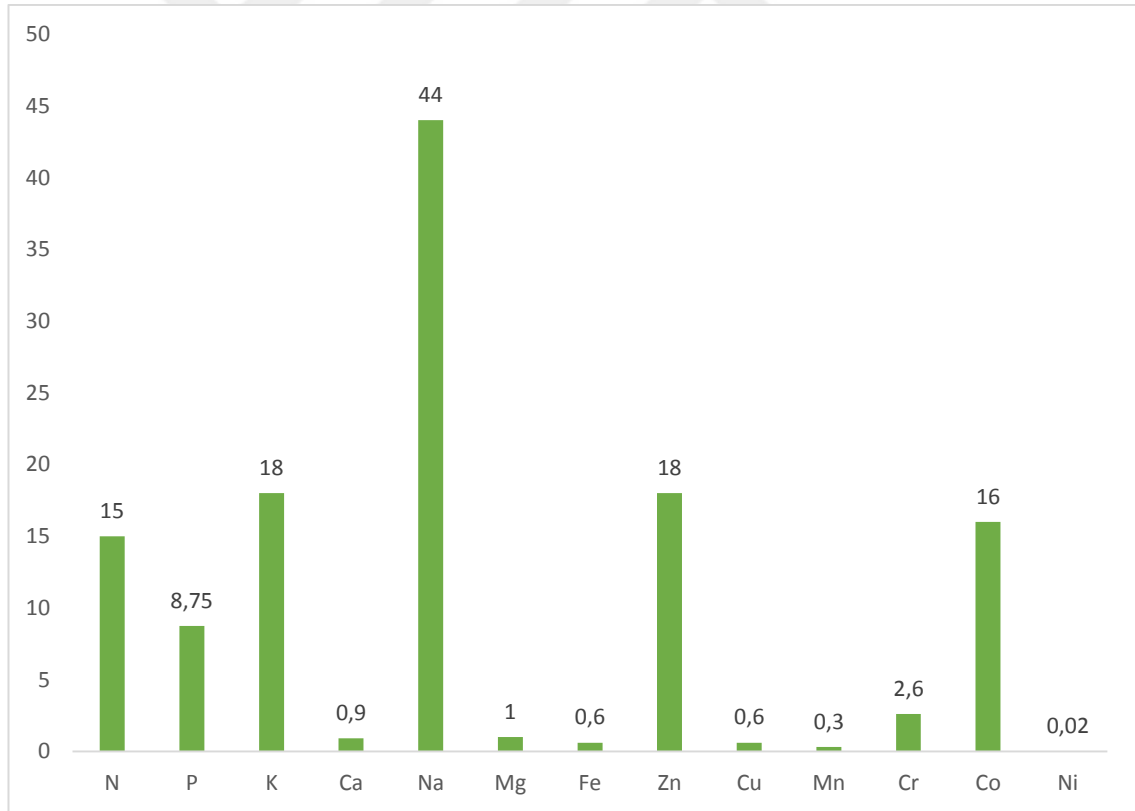
Şekil 5.49 Toprak örneklerinde Mg:Ni oranı

5.5 Serpantinofit ve serpantin üstündeki serpantinovaglar ile serpantin dışındaki serpantinovagların elementel birikim katsayıları

Paronychia angorensis

Serpantinofit tür olan *P. angorensis*, topraktaki azotun 15 katını, fosforun 8.75 katını, potasyumun 18 katını, kalsiyumun 0.9 katını, sodyumun 44 katını, magnezyumun 1 katını, demirin 0.6 katını, çinkonun 18 katını, bakırın 0.6 katını, manganın 0.3 katını, kromun 2.6 katını, kobaltın 16 katını, nikelin ise 0.02 katını bünyesinde biriktirmiştir (Şekil 5.50).

Bünyesinde en çok sodyumu biriktiren *P. angorensis*, topraktaki magnezyum ve kalsiyumun neredeyse tamamını almıştır.

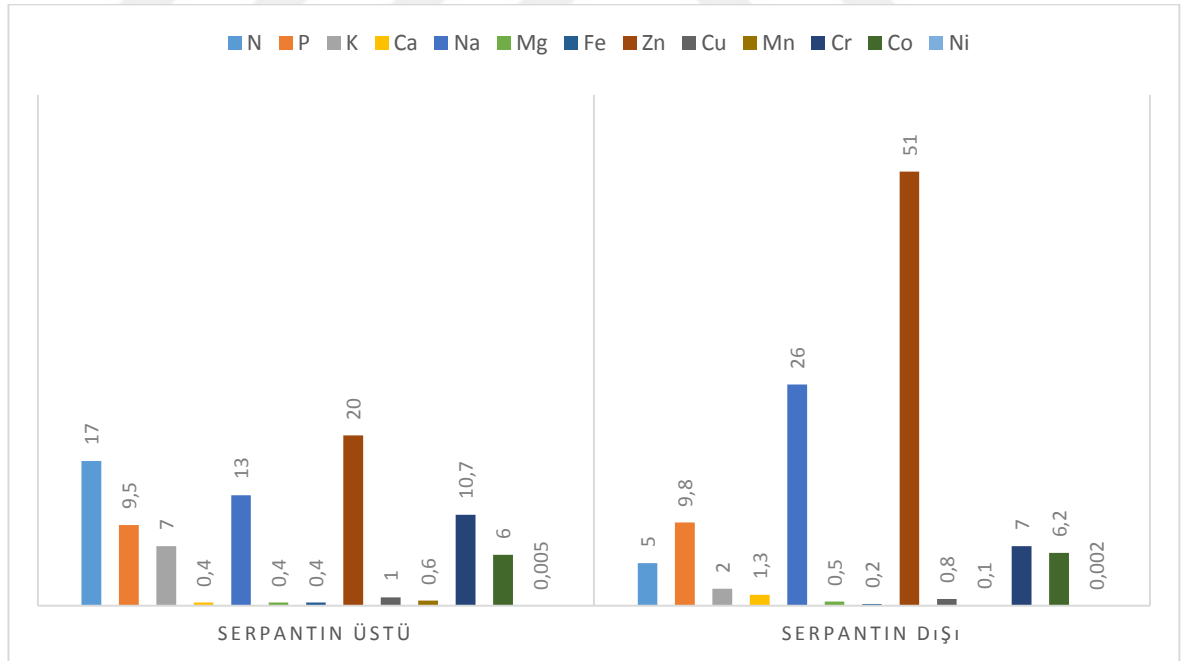


Şekil 5.50 *P. angorensis*'in elementel birikim katsayıları

Scorzonera tomentosa

Serpantinovag tür olan *S. tomentosa*, serpantin içerikli topraktaki azotun 17 katını, fosforun 9.5 katını, potasyumun 7 katını, kalsiyumun 0.4 katını, sodyumun 13 katını, magnezyum ve demirin 0.4 katını, çinkonun 20 katını, bakırın 1 katını, manganın 0.6 katını, kromun 10.7 katını, kobaltın 6 katını, nikelin ise 0.005 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı çinkoda ortaya çıkmıştır (Şekil 5.51).

Serpantin dışından alınan *S. tomentosa* ise topraktaki azotun 5 katını, fosforun 9.8 katını, potasyumun 2 katını, kalsiyumun 1.3 katını, sodyumun 26 katını, magnezyumun 0.5 katını, demirin 0.2 katını, çinkonun 51 katını, bakırın 0.8 katını, manganın 0.1 katını, kromun 7 katını, kobaltın 6.2 katını, nikelin ise 0.002 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı yine çinkoda ortaya çıkmıştır.

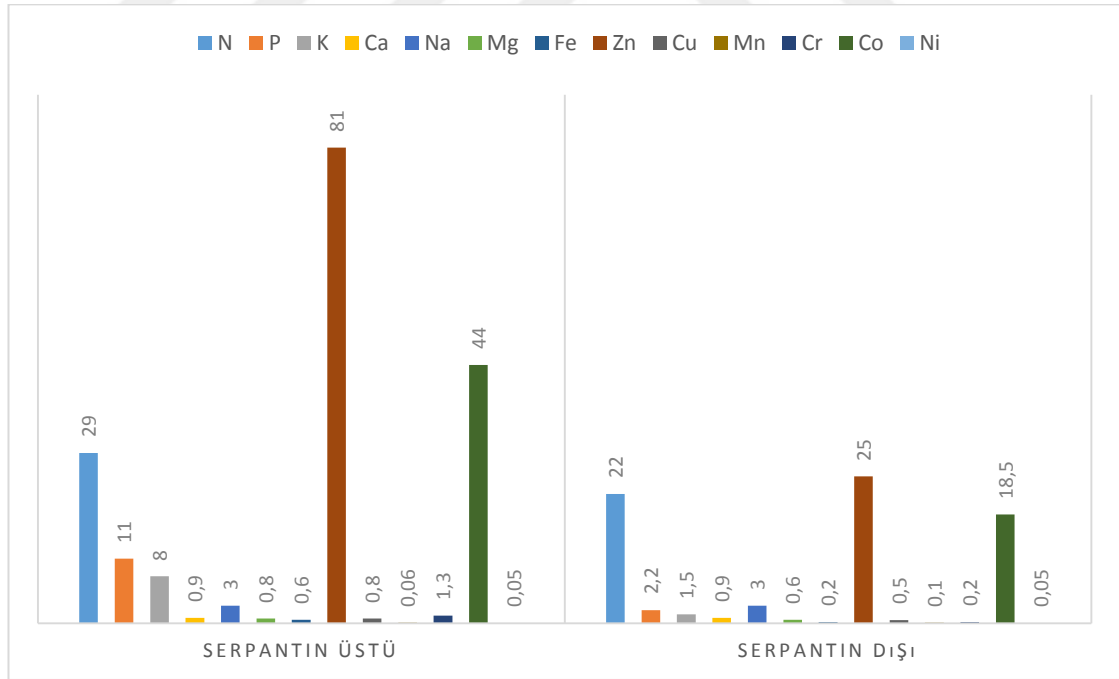


Şekil 5.51 *S. tomentosa*'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları

Centaurea drabifolia subsp. *cappadocica*

Serpantinovag tür olan *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*, serpantin içerikli topraktaki azotun 29 katını, fosforun 11 katını, potasyumun 8 katını, kalsiyumun 0.9 katını, sodyumun 3 katını, magnezyumun 0.8 katını, demirin 0.6 katını, çinkonun 81 katını, bakırın 0.8 katını, manganın 0.06 katını, kromun 1.3 katını, kobaltın 44 katını, nikelin ise 0.05 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı çinkoda ortaya çıkmıştır (Şekil 5.52).

Serpantin dışından alınan *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*, ise topraktaki azotun 22 katını, fosforun 2.2 katını, potasyumun 1.5 katını, kalsiyumun 0.9 katını, sodyumun 3 katını, magnezyumun 0.6 katını, demirin 0.2 katını, çinkonun 25 katını, bakırın 0.5 katını, manganın 0.1 katını, kromun 0.2 katını, kobaltın 18.5 katını, nikelin ise 0.05 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı yine çinkoda ortaya çıkmıştır.

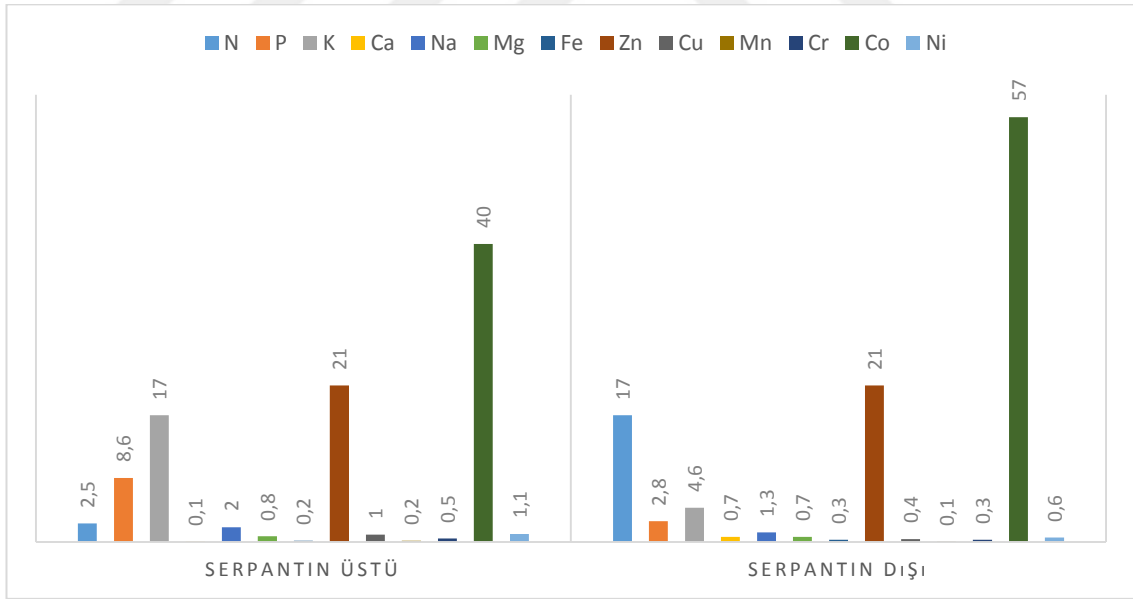


Şekil 5.52 *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları

Alyssum pateri subsp. *pateri*

Serpantinovag tür olan *A. pateri* subsp. *pateri*, serpantin içerikli topraktaki azotun 2.5 katını, fosforun 8.6 katını, potasyumun 17 katını, kalsiyumun 0.1 katını, sodyumun 2 katını, magnezyumun 0.8 katını, demirin 0.2 katını, çinkonun 21 katını, bakırın 1 katını, manganın 0.2 katını, kromun 0.5 katını, kobaltın 40 katını, nikelin ise 11 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı kobaltta ortaya çıkmıştır (Şekil 5.53).

Serpantin dışından alınan *A. pateri* subsp. *pateri* ise topraktaki azotun 17 katını, fosforun 2.8 katını, potasyumun 4.6 katını, kalsiyumun 0.7 katını, sodyumun 1.3 katını, magnezyumun 0.7 katını, demirin 0.3 katını, çinkonun 21 katını, bakırın 0.4 katını, manganın 0.1 katını, kromun 0.3 katını, kobaltın 57 katını, nikelin ise 0.6 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı yine kobaltta ortaya çıkmıştır.

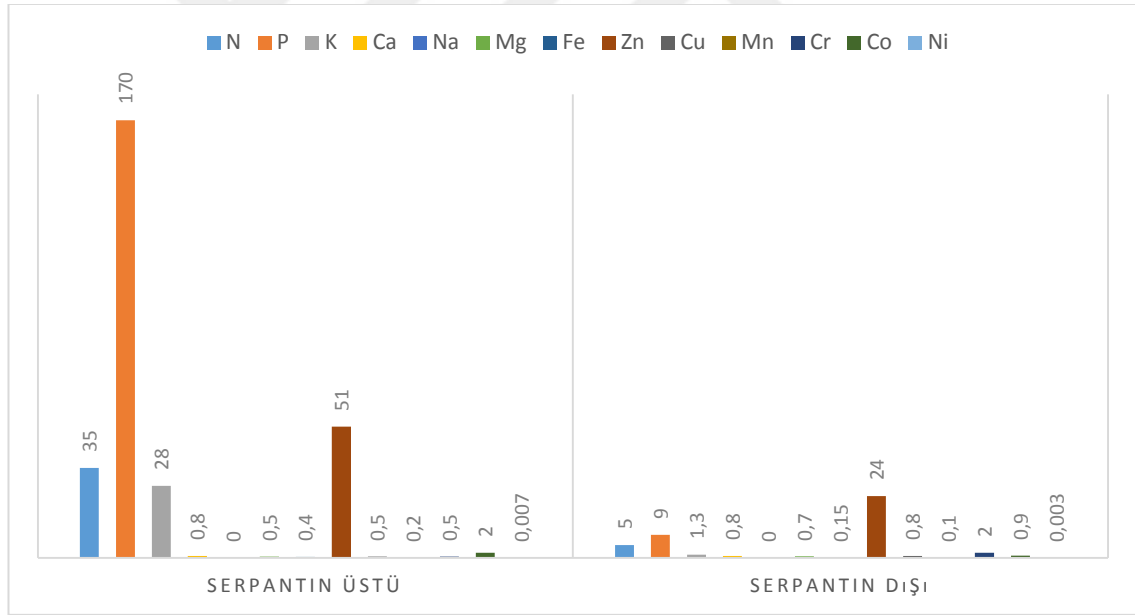


Şekil 5.53 *A. pateri* subsp. *pateri*'nin serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları

Globularia orientalis

Serpantinovag tür olan *G. orientalis*, serpantin içerikli topraktaki azotun 35 katını, fosforun 170 katını, potasyumun 28 katını, kalsiyumun 0.8 katını, magnezyumun 0.5 katını, demirin 0.4 katını, çinkonun 51 katını, bakırın 0.5 katını, manganın 0.2 katını, kromun 0.5 katını, kobaltın 2 katını, nikelin ise 0.007 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı fosforda ortaya çıkmıştır (Şekil 5.54).

Serpantin dışından alınan *G. orientalis* ise topraktaki azotun 5 katını, fosforun 9 katını, potasyumun 1.3 katını, kalsiyumun 0.8 katını, magnezyumun 0.7 katını, demirin 0.15 katını, çinkonun 24 katını, bakırın 0.8 katını, manganın 0.1 katını, kromun 2 katını, kobaltın 0.9 katını, nikelin ise 0.003 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı çinkoda ortaya çıkmıştır.

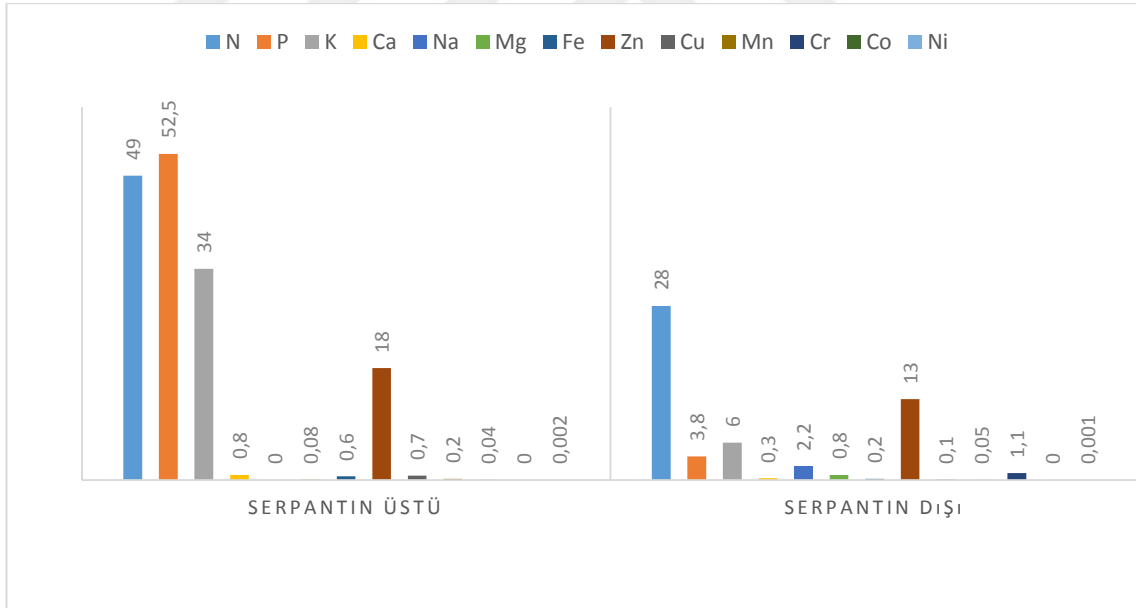


Şekil 5.54 *G. orientalis* 'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları

Rhamnus rhodopea

Serpantinovag tür olan *R. rhodopea*, serpantin içerikli topraktaki azotun 49 katını, fosforun 52.5 katını, potasyumun 34 katını, kalsiyumun 0.8 katını, magnezyumun 0.08 katını, demirin 0.6 katını, çinkonun 18 katını, bakırın 0.7 katını, manganın 0.2 katını, kromun 0.04 katını, nikelin ise 0.002 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı fosforda ortaya çıkmıştır (Şekil 5.55).

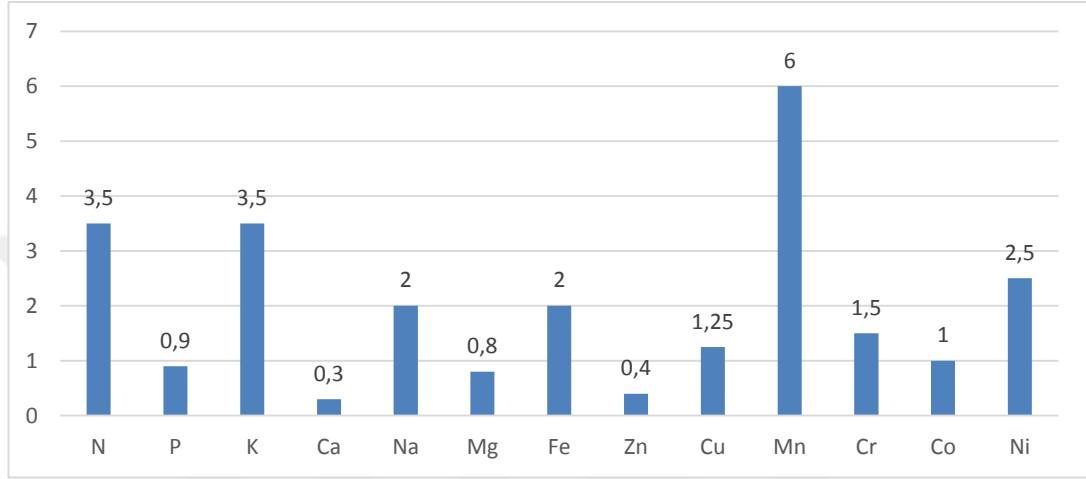
Serpantin dışından alınan *R. rhodopea* ise topraktaki azotun 28 katını, fosforun 3.8 katını, potasyumun 6 katını, kalsiyumun 0.3 katını, sodyumun 2.2 katını, magnezyumun 0.8 katını, demirin 0.2 katını, çinkonun 13 katını, bakırın 0.1 katını, manganın 0.05 katını, kromun 1.1 katını, nikelin ise 0.001 katını bünyesinde biriktirmiştir. Toprak ile bitki arasındaki en büyük birikim farkı azotta ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.55 *Rhamnus rhodopea*'nın serpantin üstü ve dışındaki elementel birikim katsayıları

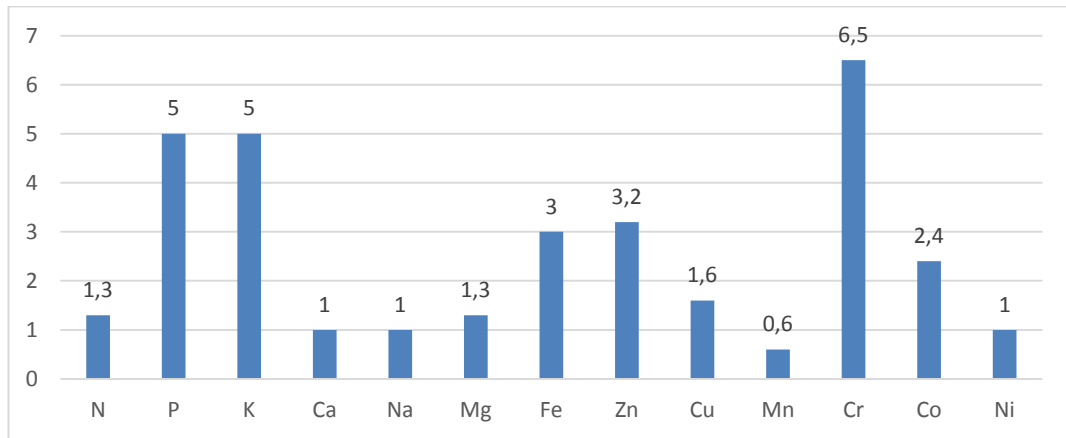
5.6 Serpantinovagların Ekolojik Toleransları

S. tomentosa'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 6 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı mangana karşı; en az ekolojik toleransı ise kalsiyuma karşı göstermiştir (Şekil 5.56).



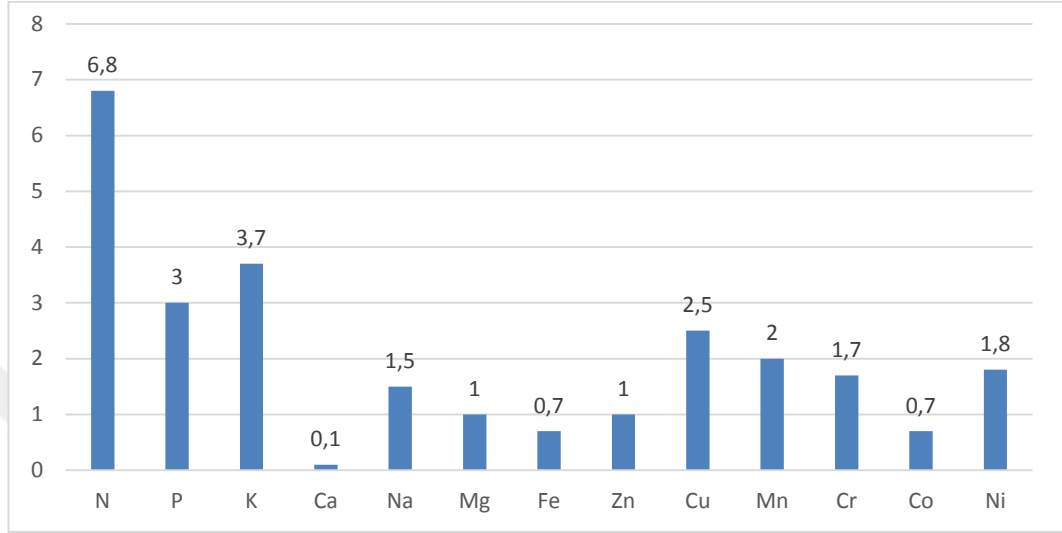
Şekil 5.56 *S. tomentosa*'nın ekolojik toleransı

C. drabifolia subsp. *cappadocica*'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 6.5 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı kroma karşı; en az ekolojik toleransı ise mangana karşı göstermiştir (Şekil 5.57).



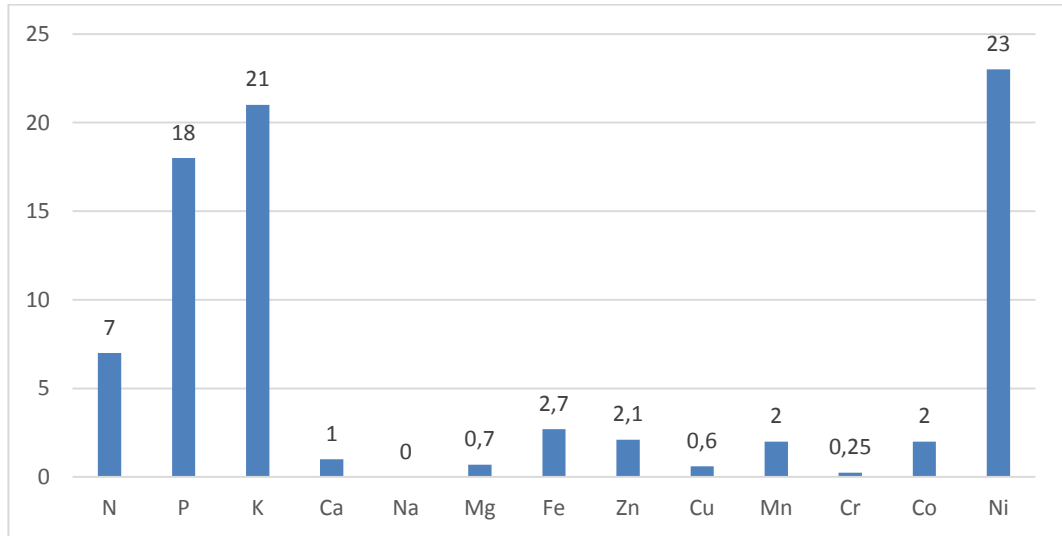
Şekil 5.57 *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın ekolojik toleransı

A. pateri subsp. *pateri*'nin serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 6.8 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı azota karşı; en az ekolojik toleransı ise kalsiyuma karşı göstermiştir (Şekil 5.58).



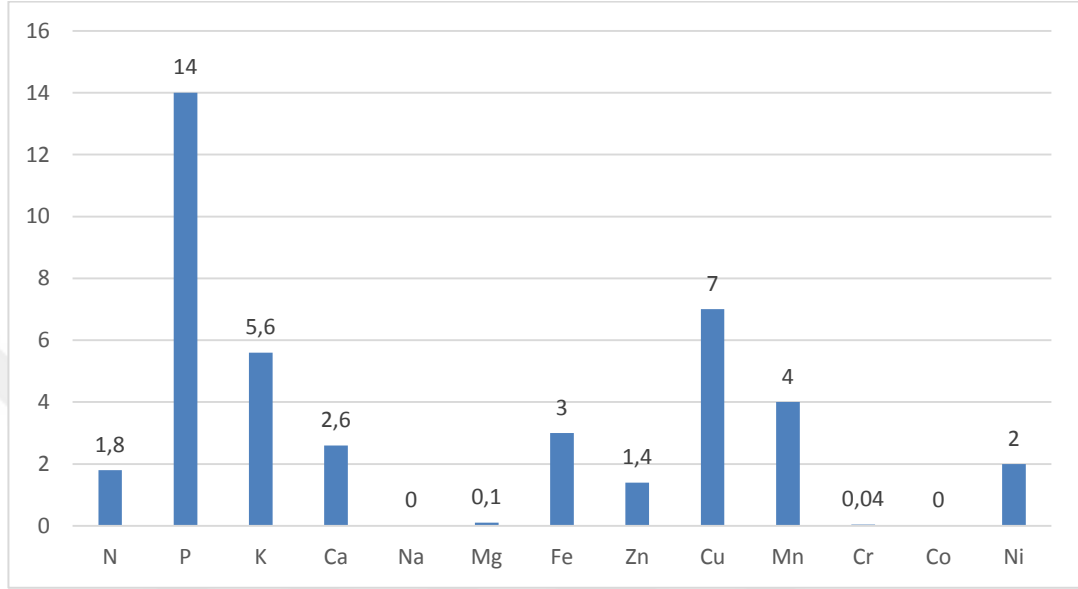
Şekil 5.58 *A. pateri* subsp. *pateri*'nin ekolojik toleransı

G. orientalis 'nin serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 23 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı nikel'e karşı; en az ekolojik toleransı ise kroma karşı göstermiştir (Şekil 5.59).



Şekil 5.59 *Globularia orientalis* 'in ekolojik toleransı

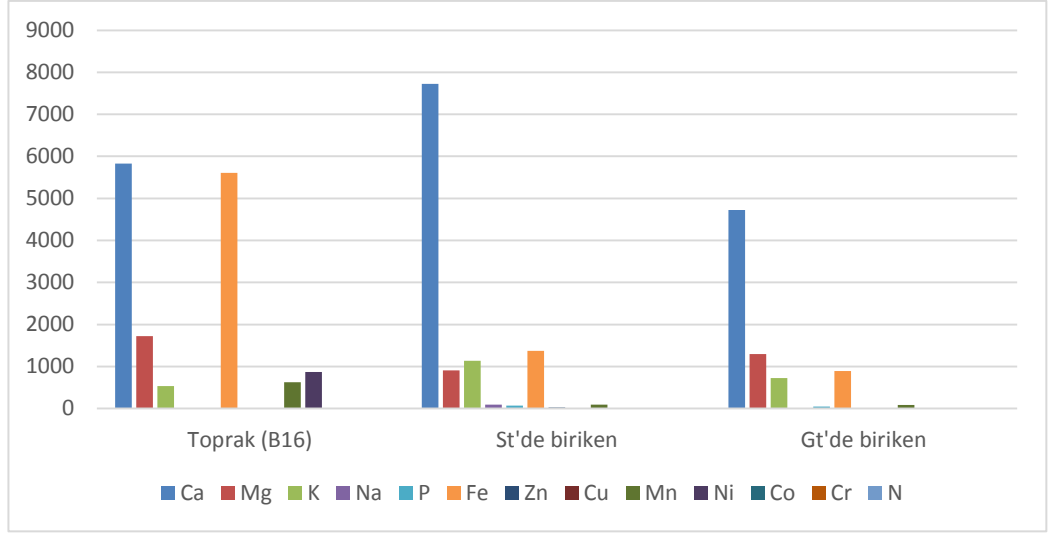
Rhamnus rhodopea'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 14 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı fosfora karşı; en az ekolojik toleransı ise kroma karşı göstermiştir (Şekil 5.60).



Şekil 5.60 *Rhamnus rhodopea*'nın ekolojik toleransı

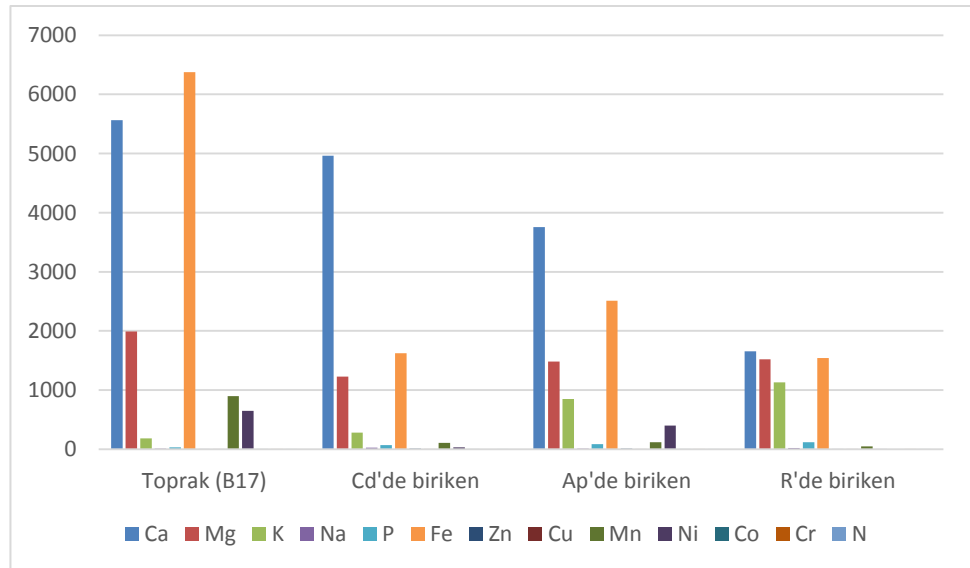
5.7 Serpantin dışında gelişen serpantinovaglardan aynı istasyondan alınan bitkiler arasındaki elementel birikim farkı

S. tomentosa ve *G. orientalis* 'nin serpantin dışında gelişen örnekleri aynı istasyondan alınmıştır. İstasyondaki topraktan bitkilerin alım miktarları karşılaştırıldığında Ca, K, Na, P, Fe, Zn, Mn, Co, Cr elementlerini *S. tomentosa*; Mg, Ni, N elementlerini ise *G. orientalis* daha çok bünyesinde biriktirmiştir (Şekil 5.61).



Şekil 5.61 Aynı istasyondan alınan *S. tomentosa* (St) ve *G.orientalis* 'nın (Gt) element birikim farkı

C. drabifolia subsp. *cappadocica*, *A. pateri* subsp. *pateri* ve *R. rhodopea*'nın serpantin dışında gelişen örnekleri aynı istasyondan alınmıştır. İstasyondaki topraktan bitkilerin alım miktarları karşılaştırıldığında Ca, Na, Zn, Cu elementlerini *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*; Fe, Mn, Ni, Co elementlerini *A. pateri* subsp. *pateri*; Mg, K, P, Cr, N'u ise *R. rhodopea* daha çok biriktirmiştir.



Şekil 5.62 Aynı istasyondan alınan *C.drabifolia* subsp. *cappadocica* (Cd), *A. pateri* subsp. *pateri* (Ap) ve *R. rhodopea* (R)'nın element birikim farkı

5.8 İstatistiksel Bulgular

Bitki ve toprak örneklerinin elementel içerikleri arasındaki ilişkiyi araştırma üzere toprak ve bitki örneklerinin içeriklerindeki onüç farklı elemente ait veriler incelenmiştir. Standart sapma, maksimum, minimum değer gibi temel istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca topraktaki ve bitkideki mevcut element değerlerinin karşılaştırılması amacıyla korelasyon testi (Pearson testi) yapılmıştır. İstatistikler IBM SPSS Statistics 22 programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Elementlerin serpantin üstü ve serpantin dışındaki topraklarda ve bitkilerdeki değişim yönünü belirlemek adına bitki-toprak arasındaki korelasyonlar araştırılmıştır.

Bitki örneklerinin elementel içeriği (Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn, K, Na, Zn, Ni, Co, Cr ve N) ve toprak örneklerinin elementel içeriği arasında hesaplanan korelasyon katsayıları istatistiksel açıdan 0,005 ve 0,001 düzeyinde anlamlıdır.

Topraktaki Ca miktarı ile bu elementin bitkilerdeki miktarı arasında Pearson Korelasyon katsayısına göre 0,005 düzeyinde pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde ilişkinin olduğu bulunmuştur ($r_{Ca} = 0,681$, $p < 0,005$). Topraktaki Ca miktarının arttıkça, bitkilerdeki miktar da artmakta ya da tam tersi olarak topraktaki miktarın azalışı ile birlikte bitkilerdeki Ca miktarı da azalmaktadır (Çizelge 5.22 - 5.23).

Ayrıca topraktaki Mg, P, Fe, Cu ve Mn miktarları ile bu elementlerin bitkilerdeki miktarları arasında Pearson Korelasyon katsayısına göre 0,001 düzeyinde pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde ilişkinin olduğu bulunmuştur ($r_{Mg} = 0,750$, $r_P = 0,785$, $r_{Fe} = 0,860$, $r_{Cu} = 0,847$, $r_{Mn} = 0,767$, $p < 0,001$). Topraktaki bu elementlerin miktarları arttıkça, bitkilerin bünyesinde bulunan miktarlar da artmakta ya da tam tersi olarak topraktaki miktarın azalışı ile birlikte bitkilerdeki adı geçen elementlerin miktarları da azalmaktadır (Çizelge 5.22-5.23).

Çizelge 5.22 Pearson momentler çarpım korelasyon analizi

	Ca_bitki		Mg_bitki		K_bitki		Na_bitki		P_bitki		Fe_bitki	
	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
Ca_toprak	,681*	,021										
Mg_toprak			,750**	,008								
K_toprak					,075	,826						
Na_toprak							,088	,796				
P_toprak									,785**	,004		
Fe_toprak											,860**	,001
Zn_toprak												
Cu_toprak												
Mn_toprak												
Ni_toprak												
Co_toprak												
Cr_toprak												
N_toprak												

Çizelge 5.22 Pearson momentler çarpım korelasyon analizi (devam)

	Zn_bitki		Cu_bitki		Mn_bitki		Ni_bitki		Co_bitki		Cr_bitki		N_bitki	
	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
Ca_toprak														
Mg_toprak														
K_toprak														
Na_toprak														
P_toprak														
Fe_toprak														
Zn_toprak	,392	,233												
Cu_toprak			,847**	,001										
Mn_toprak					,767**	,006								
Ni_toprak							,026	,940						
Co_toprak									,599	,052				
Cr_toprak											-,180	,597		
N_toprak													,040	,907

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlı (2-tailed).

** . Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlı (2-tailed).

Çizelge 5.23 Verilerin genel istatistiksel analizi

	Ca_toprak	Mg_toprak	K_toprak	Na_toprak	P_toprak	Fe_toprak	Zn_toprak	Cu_toprak	Mn_toprak	Ni_toprak	Co_toprak	Cr_toprak	N_toprak
N Valid	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	3941,7273	8175,7273	185,4545	3,8000	12,0636	11657,45	,30564	2,2536	1769,1818	1460,1818	,1509	,02109	,20127
Std. Error of Mean	604,03165	2158,15	55,44176	,93702	3,84581	1717,50	,040874	,21008	414,26537	294,78571	,03046	,012728	,075381
Median	5565,0000	5520,0000	133,0000	2,8000	6,0000	11532	,28900	2,2100	1108,0000	1410,0000	,1000	,00600	,11300
Mode	5565,00	1993,00	181,00	8,30	31,40	6375,00	,447	1,44	899,00	647,00	,07	,006	,113
Std. Deviation	2003,34	7157,79	183,87951	3,10773	12,75510	5696,32	,135563	,69677	1373,96	977,69359	,10104	,042215	,250012
Variance	4013396,6	51234073,4	33811,673	9,658	162,693	32448089,2	,018	,485	1887773,7	955884,7	,010	,002	,063
Skewness	-,311	,675	1,454	,667	,992	,104	-,068	,685	1,376	1,792	,945	3,191	2,519
Std. Error of Skewness	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661
Kurtosis	-2,178	-,884	1,039	-1,057	-,917	-2,139	-2,123	,578	,932	3,740	-,614	10,372	6,817
Std. Error of Kurtosis	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279
Range	4547,00	19978,00	514,00	8,00	31,30	12960,00	,315	2,27	4112,00	3285,00	,28	,145	,846
Minimum	1279,00	1722,00	23,00	,30	,10	5610,00	,132	1,44	622,00	647,00	,07	,002	,049
Maximum	5826,00	21700,00	537,00	8,30	31,40	18570,00	,447	3,71	4734,00	3932,00	,35	,147	,895
Percentiles 5	1279,0000	1722,0000	23,0000	,3000	,1000	5610,0000	,13200	1,4400	622,0000	647,0000	,0700	,00200	,04900

Çizelge 5.23 Verilerin genel istatistiksel analizi (devam)

		Ca_bitki	Mg_bitki	K_bitki	Na_bitki	P_bitki	Fe_bitki	Zn_bitki	Cu_bitki	Mn_bitki	Ni_bitki	Co_bitki	Cr_bitki	N_bitki
N	Valid	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	Missin g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		3036,909 1	4647,0000	870,9091	20,9091	60,7273	4976,6364	9,20000	1,572 7	385,1545	221,9364	2,6700	,01236	1,9890 9
Std. Error of Mean		620,4811 8	1306,89	78,30935	8,31696	9,30991	1249,64	1,67032 9	,2494 0	106,3692 1	166,4249 3	1,2486 2	,00371 3	,17642 1
Median		2217,000 0	1519,0000	868,0000	11,0000	57,0000	4260,0000	8,20000	1,600 0	120,0000	11,6000	,6000	,00900	1,9000 0
Mode		1002,00 ^a	907,00 ^a	281,00 ^a	0,00	17,00 ^a	896,00 ^a	3,100 ^a	,20 ^a	45,80 ^a	,90 ^a	,00 ^a	,001 ^a	1,010 ^a
Std. Deviation		2057,90	4334,47	259,7227 2	27,5842 5	30,8774 7	4144,61	5,53985 6	,8271 5	352,7867 6	551,9690 4	4,1412 2	,01231 5	,58512 3
Variance		4234965, 8	18787695, 8	67455,89 1	760,891	953,418	17177821, 6	30,690	,684	124458,4	304669,8	17,150	,000	,342
Skewness		1,309	,974	-1,046	2,194	,362	,865	1,343	-,126	,388	3,080	2,369	1,811	,514
Std. Error of Skewness		,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661	,661
Kurtosis		1,374	,041	1,626	5,601	-,354	-,821	1,822	-,739	-1,971	9,709	6,248	3,416	,926
Std. Error of Kurtosis		1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279	1,279
Range		6720,00	12826,00	908,00	95,00	101,00	11374,00	18,900	2,70	864,20	1848,10	14,00	,042	2,190
Minimum		1002,00	907,00	281,00	0,00	17,00	896,00	3,100	,20	45,80	,90	0,00	,001	1,010
Maximum		7722,00	13733,00	1189,00	95,00	118,00	12270,00	22,000	2,90	910,00	1849,00	14,00	,043	3,200
Percentile 5 s		1002,000 0	907,0000	281,0000	0,0000	17,0000	896,0000	3,10000	,2000	45,8000	,9000	0,0000	,00100	1,0100 0

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Serpantinli topraklar, edafik endemizm ve evrimsel çalışmalar için model sistemlerdir (Harrison ve Rajakaruna 2011).

Bu tez çalışmasında önemli edafik endemizm merkezlerinden biri olan serpantin içerikli topraklardan, Ankara Elmadağ serpantin serisinde, serpantinikol endemizmin ekolojik uyum mekanizmalarının araştırılması ile edafik izolasyona bağlı türleşme ve evrimleşme mekanizmasını açıklamak amaçlanmıştır.

Kruckberg (1985)'in belirttiği gibi serpantin endemizmi kimyasal, fiziksel ve biyotik bileşenleri içeren çok yönlü bir mekanizmadır. Bununla birlikte bitki yaşamındaki etkili faktör kimyasaldır.

Bu nedenle bu tezde edafik izolasyona bağlı endemizm ya da türleşmeye giden yolda ekotiplerin oluşumu bitkilerin kimyasal içerikleri ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Serpantinikol endemizmin en önemli nedeni; serpantin sendromuna karşı divergent adaptif bir mekanizma (Divergent Evrim) olarak gelişen ekolojik uyum stratejileridir. Bu çalışma ile birlikte edafik izolasyonun divergent evrimin önemli mekanizmalarından olduğu tespit edilmiştir.

Tür çiftlerindeki (serpantinovag) fitokimyasal kompozisyonun karşılaştırılması ile serpantinofit ve serpantin üzerinde gelişen serpantinovagların, serpantin sendromunun yarattığı yoğun stres faktörleri karşısında uzmanlaşarak ekolojik stratejiler geliştirdiği ve edafik uzmanlar haline geldikleri belirlenmiştir. Eğer evrimsel saatin ileri doğru çalıştırıldığı varsayılırsa ileride serpantin üzerinde edafik uzmanlık kazanan bu serpantinovagların türleşmeye maruz kalarak ayrılacağı öngörülmektedir.

Serpantin sendromunun karakteristik özelliklerinden en önemlileri; düşük Ca içeriği, buna karşılık yüksek Mg içeriği, dolayısıyla düşük Ca:Mg oranı, demir, nikel, krom, kobalt gibi birçok bitkiye toksik etki yaratan ağır metallerin yüksek oranı, bitkiler için

elzem olan azot, potasyum ve fosfor gibi temel bitki besin maddelerinin eksikliği olarak belirtilmektedir.

✓ Bu çalışma kapsamında seçilen serpantin istasyonlarda serpantin sendromu ciddi boyutta yaşanmaktadır ve analiz bulguları da bu durumu desteklemektedir. Analiz sonuçlarına göre, serpantin istasyonlarda N, P, K içeriği oldukça düşük; Mg içeriği belirgin şekilde yüksek ancak kalsiyum içeriği düşük, dolayısıyla Ca:Mg oranı oldukça düşük (<1); Fe, Ni, Cr, Co gibi elementlerin içeriği ise oldukça yüksek olarak tespit edilmiştir. Toprağın genel özelliklerine bakıldığında ise serpantin üzerindeki istasyonlarda organik madde miktarının, kil oranının, elektriksel iletkenliğin, karbon içeriğinin ve kireç miktarının serpantin dışı istasyonlarla kıyaslandığında oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

Elementlerin serpantin üstü ve serpantin dışındaki topraklarda ve bitkilerdeki değişim yönünü belirlemek adına bitki-toprak arasındaki korelasyonlar araştırılmıştır. Bitki örneklerinin elementel içeriği ve toprak örneklerinin elementel içeriği arasında hesaplanan korelasyon katsayıları istatistiksel açıdan 0,005 ve 0,001 düzeyinde anlamlı olarak bulunmuştur.

Topraktaki Ca miktarı ile bu elementin bitkilerdeki miktarı arasında Pearson korelasyon katsayısına göre 0,005 düzeyinde pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde ilişkinin olduğu bulunmuştur ($r_{Ca} = 0,681$, $p < 0,005$). Topraktaki Ca miktarının arttıkça, bitkilerdeki miktar da artmakta ya da tam tersi olarak topraktaki miktarın azalışı ile birlikte bitkilerdeki Ca miktar da azalmaktadır.

Ayrıca topraktaki Mg, P, Fe, Cu ve Mn miktarları ile bu elementlerin bitkilerdeki miktarları arasında Pearson korelasyon katsayısına göre 0,001 düzeyinde pozitif yönlü ve anlamlı düzeyde ilişkinin olduğu bulunmuştur ($r_{Mg} = 0,750$, $r_P = 0,785$, $r_{Fe} = 0,860$, $r_{Cu} = 0,847$, $r_{Mn} = 0,767$, $p < 0,001$). Topraktaki bu elementlerin miktarları arttıkça, bitkilerin bünyesinde bulunan miktarlar da artmakta ya da tam tersi olarak topraktaki miktarın azalışı ile birlikte bitkilerdeki adı geçen elementlerin miktarları da azalmaktadır.

✓ Serpantinofit tür *P. angorensis* ve serpantinovag türler olan *S. tomentosa*, *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*, *A. pateri* subsp. *pateri*, *G. orientalis*, *R. rhodopea*'nın serpantin üzerinde gelişen formları bu topraklarda yaşamaya adapte olmuş edafik uzmanlardır.

✓ Karşılaştırmalı olarak serpantin üstünden ve serpantin dışından (marnlı-kalkerli) alınan toprak örneklerinde, serpantinli topraktaki azot miktarları serpantin dışı toprakların azot miktarından genellikle düşük olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.1).

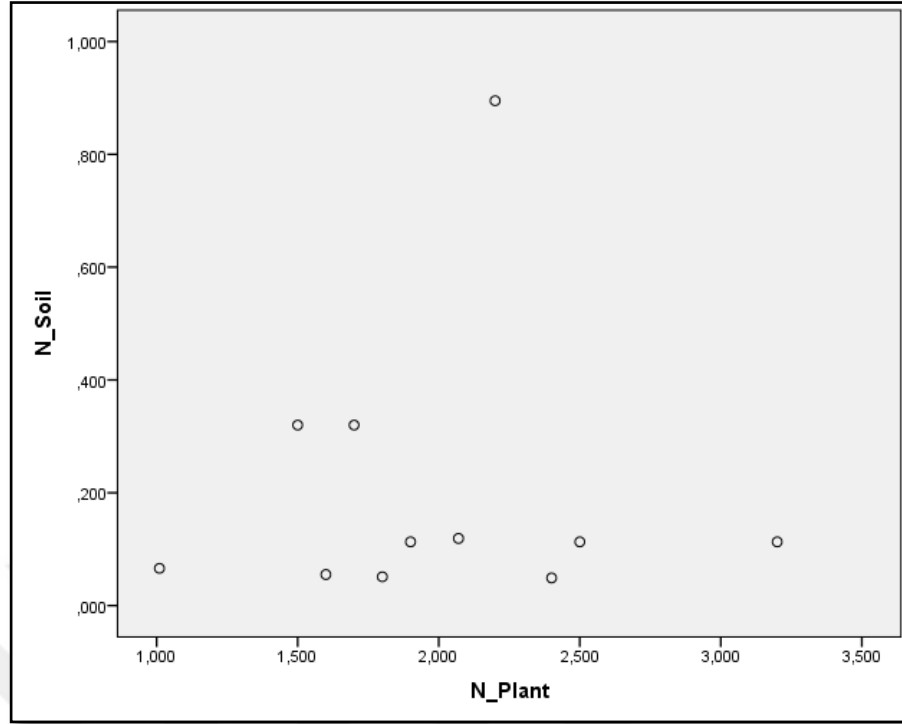
Bitkilerde ise azot miktarlarının topraklara göre yüksek çıkması beklenen bir durum olup bitkilerin toplam ağırlığının büyük kısmını azotlu bileşikler oluşturmaktadır. Vejetatif gelişim, büyüme kontrolü, protein sentezi gibi yaşamsal faaliyetlerde kilit rol oynayan azot miktarı türlerin genotiplerine ve çevre koşullarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

Özellikle kuraklık stresi, besin elementi eksikliği gibi stres faktörleriyle karşı karşıya kalındığında bitkideki azot miktarı artabilmektedir. Her bitkinin azot birikimini etkileyen birçok faktör olmakla beraber serpantin substrattaki bitkileri azot biriktirmeye iten güçlü olumsuz koşullar olduğu söylenebilir. Bu koşullar serpantin habitatlardaki kuraklık stresi veya diğer besin elementlerinin noksanlığından kaynaklanabilmektedir.

Serpantin toprağın su tutma kapasitesinden dolayı kuraklık stresi bitkileri peinomorfik açılımlara itmektedir.

Hem serpantin üzerinde hem serpantin dışında, azotu en fazla biriktiren tür *R. rhodopea*'dır. Serpantin üzerinde en az azot biriktiren tür *P. angorensis* iken serpantin dışında en az azot biriktiren tür *S. tomentosa*'dır. Türler arası azot birikiminde en büyük fark *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında azot birikimine karşı ekolojik toleransı en fazla olan bitki *G. orientalis* olarak tespit edilmiştir.



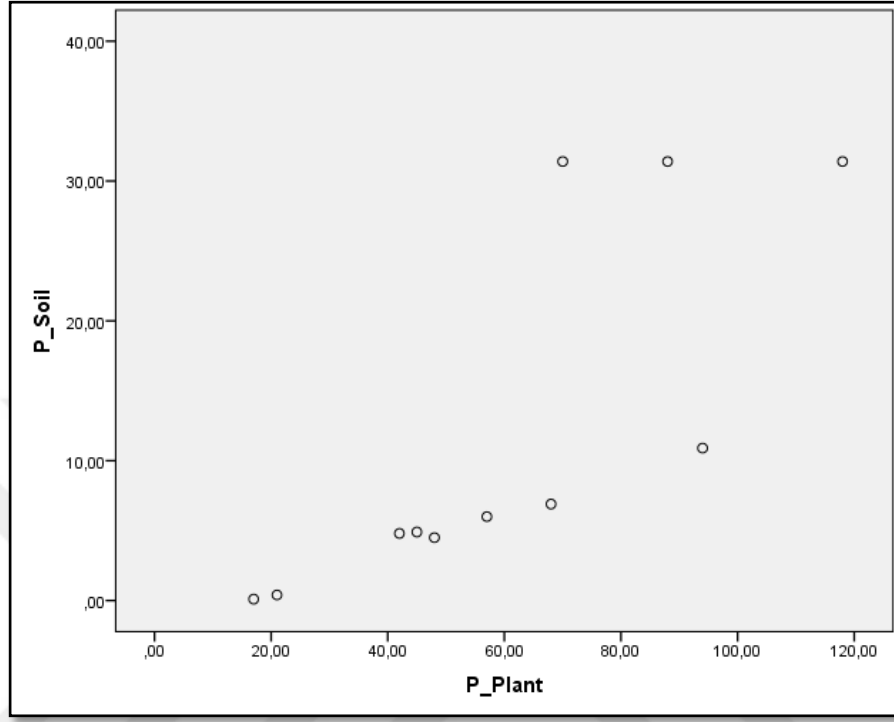
Şekil 6.1 Azot elementinin bitki-toprak korelasyonu

- ✓ Serpantin substratlar üzerinde fosfor serpantin dışı substratlara göre daha az bulunmaktadır. Türlerde serpantin üzerinden alınan örneklerde fosfor miktarı genellikle daha düşük olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.2). Fosfor yaşamsal bir element olup noksanlığı bitkilerin generatif organlarına zarar veren, büyümeyi inhibe eden dayanıklılığı azaltan, gelişimi zayıflatan ciddi bir stres faktörüdür.

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok fosfor biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri* iken serpantin dışında en çok fosfor biriktiren tür *R. rhodopea*'dır. Türler arasında en az fosfor birikimi *G. orientalis*'in serpantin üstünden alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Her bitkinin fosfor birikimini etkileyen birçok faktör olmakla beraber örneklerde genellikle serpantin substratta bitkiyi fosfor biriktirmeye iten güçlü olumsuz koşullar olduğu söylenebilir. Bu koşullar serpantin habitatlardaki kuraklık stresi veya diğer besin elementlerinin noksanlığından kaynaklanabilmektedir.

Serpantinovag türler arasında fosfor birikimine toleransı en yüksek bitki *G. orientalis* olarak tespit edilmiştir.



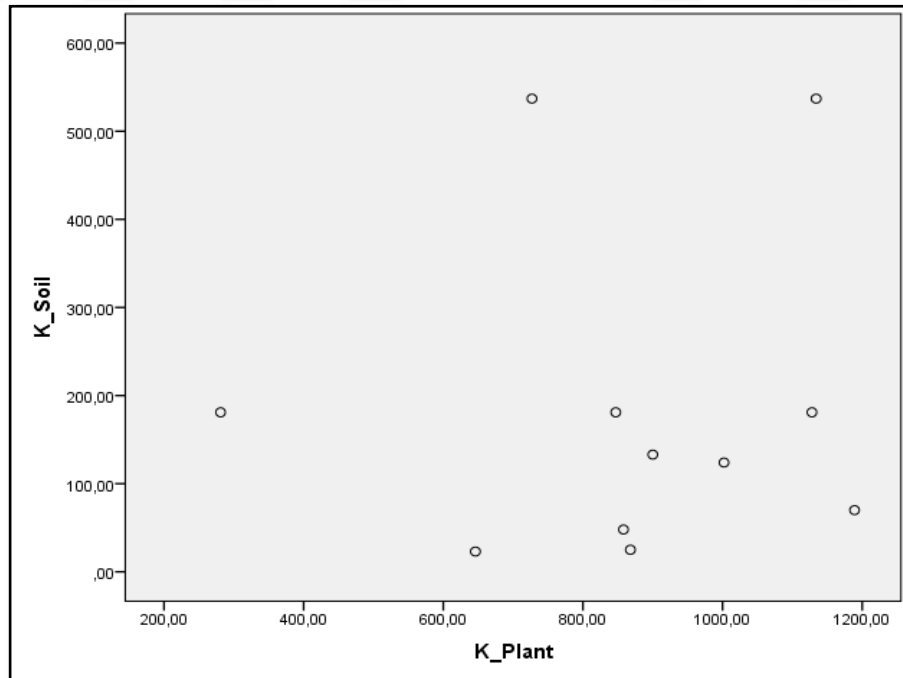
Şekil 6.2 Fosfor elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Serpantin substratlar üzerinde potasyum içeriği serpantin dışı substratlara göre daha az bulunmaktadır (Şekil 6.3). Topraktaki kil miktarı ile potasyum miktarı doğru orantılı olup serpantin dışı toprakların tekstüründe kil miktarının da daha fazla olduğu saptanmıştır. Potasyum bitkilerin fiziksel olarak dayanıklılığını, hastalıklara karşı direncini ve kuraklığa karşı toleransını arttırmaktadır. Toprakta potasyumun fazlalığı bitki gelişimi üzerine olumsuz bir etki yapmaz iken düşüklüğü bitki gelişimi için sınırlayıcı bir faktördür. Bitkilerin yaz kuraklığını atlatmasında yardımcı olan, donlara ve hastalıklara karşı dirençli olmasını sağlayan potasyum tohum olgunlaşması, kök sistemi gelişimi, klorofil oluşumu ve su alımında önemli rol oynamaktadır. Fosfor fazlalığından ileri gelen kalitesiz tohum dolgunluğunu engellemenin yanı sıra eğer yeterli miktarda ise bitkinin terleme ile su kaybını azaltmaktadır.

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok potasyum biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri* iken serpantin dışında en çok potasyum biriktiren tür *S. tomentosa*'dır. Türler arasında en az potasyum birikimi *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

İstisnasız tüm örneklerde serpantin substratta bitkiyi potasyum biriktirmeye iten güçlü olumsuz koşullar olduğu söylenebilir. Bu olumsuz koşullarla baş edebilmek için serpantin habitatlara adapte olan bitkiler bünyelerinde potasyumu yüksek miktarda tutarak potasyumun gelişimlerinde bir kol değneği vazifesi görmesini sağlamaktadırlar. Tüm görevlerinin yanı sıra serpantin habitatlar için oldukça önemli olan kök sistemlerinin gelişimine destek olup kök su çekişini artırması kuraklığıyla bilinen serpantin habitatlarda tutunmaya çalışan bitkiler için bünyesinde potasyum biriktirmesi akılcı bir çözüm olarak düşünülebilir.

Serpantinovag türler arasında potasyum birikimine toleransı en yüksek bitki *G. orientalis* olarak tespit edilmiştir.



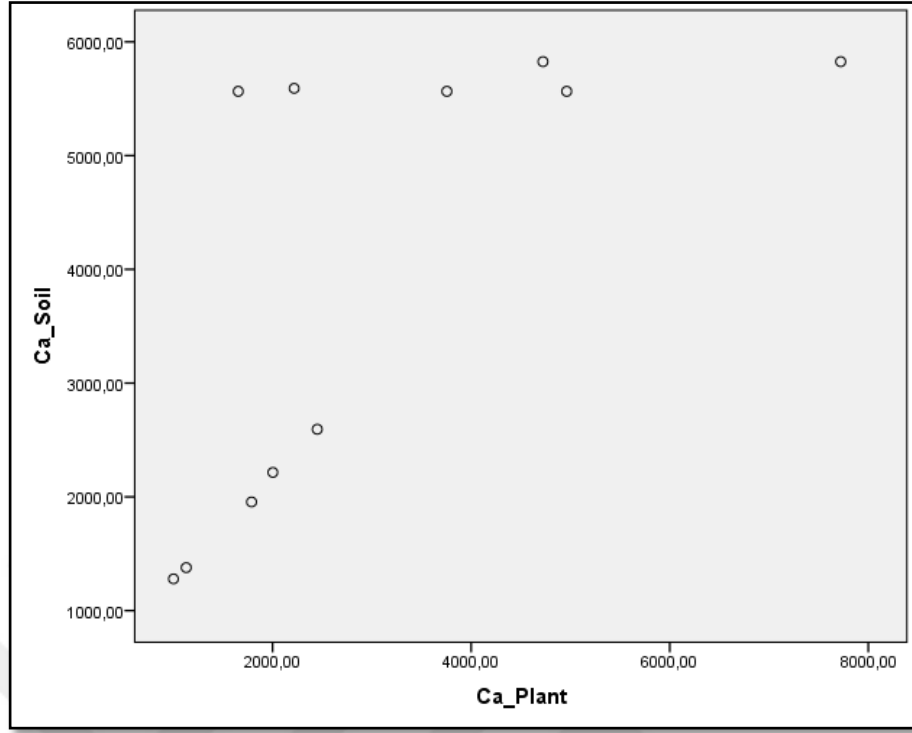
Şekil 6.3 Potasyum elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Serpantin habitatlarda Ca miktarı serpantin dışındaki habitatlarla kıyaslandığında oldukça düşük olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.4) ve bu durum serpantinli topraklarda gelişen bitkiler için bir stres faktörü teşkil etmektedir. Bitkilerin hücre duvarının yapısını düzenleyen kalsiyum, aynı zamanda topraktaki granülasyonu arttırmak sureti ile toprak strüktürünü geliştirerek toprakların verimliliğini arttırmaktadır. Serpantinli topraklar aynı zamanda bazı ağır metalleri toksik etki yaratacak derecede içermektedir. Kalsiyumun topraktaki toksik maddelerin çökmesini sağlayıcı özelliği, noksan olduğu topraklarda işlevsiz kalmaktadır. Bitkilerdeki eksikliği kök uçlarının büyümesini durdurmaktadır ve bu durum bitki gelişimi için ciddi bir tehdit unsurudur.

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde kalsiyum miktarının daha düşük olduğu saptanmıştır. Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok kalsiyum biriktiren *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* iken serpantin dışında en çok kalsiyum biriktiren tür *S. tomentosa*'dır. Türler arasında en az kalsiyum birikimi *G. orientalis* 'nın serpantin üstünden alınan örneğinde gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında kalsiyum birikimine toleransı en yüksek bitki *R. rhodopea* olarak tespit edilmiştir.

Serpantin üstündeki *P. angorensis*, *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*, *G. orientalis* neredeyse topraktaki kalsiyumun tamamını bünyesine almıştır. Bu bakımdan kalsiyum indikatörü oldukları düşünülebilir. *R. rhodopea* ise mevcut kalsiyumun neredeyse 3 katını alarak bünyesinde biriktirmiştir. Bu durum *R. rhodopea*'nın nanofanerofit formda olmasından kaynaklanıyor olabilir. Serpantin üzerindeki serpantinovag türlerin hepsinin de topraktaki kalsiyumun neredeyse tamamını almaya eğilimli olmaları dikkat çekmektedir. Bu durum serpantin sendromuna karşı bir adaptasyon yöntemi olarak görülebilir.



Şekil 6.4 Kalsiyum elementinin bitki-toprak korelasyon

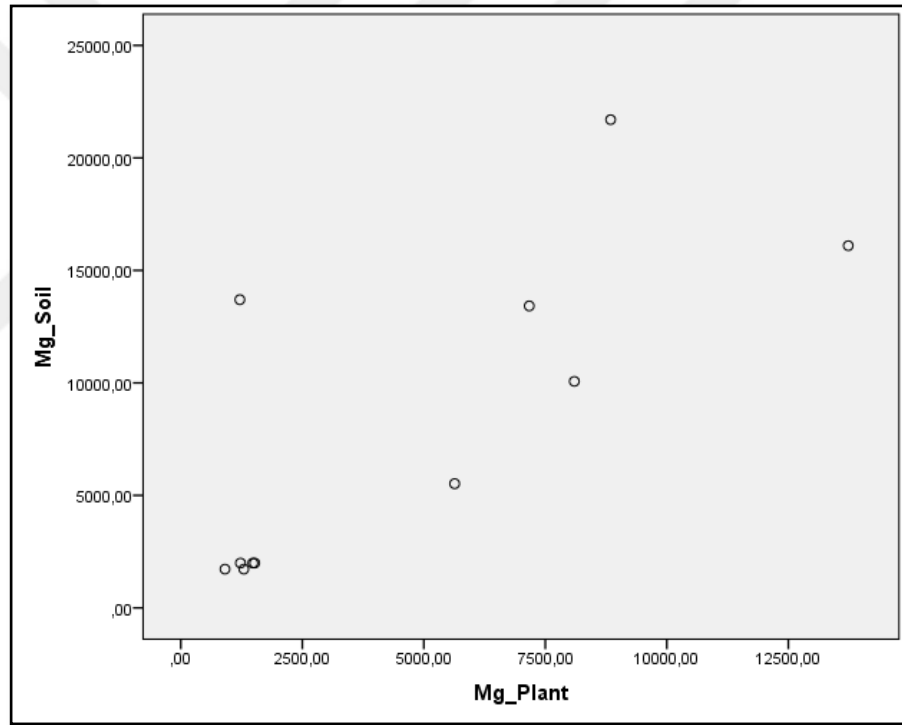
- ✓ Serpantinde magnezyum çok yüksek miktarda bulunmaktadır (Şekil 6.5) ve bu durum magnezyum toksisitesi yaratarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Serpantin üzeri ve dışı olmak üzere karşılaştırılmalı olarak seçilen istasyonlarda Mg içeriği ciddi bir fark yaratmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda serpantin üzerindeki Mg miktarı ile serpantin dışındaki Mg miktarı arasında 5 ila 15 kat fark bulunduğu tespit edilmiştir. Bitki örneklerine bakıldığında aynı şekilde türlerin serpantin üzerinden alınan örneklerindeki magnezyum içeriği, serpantin dışından alınan türlerin magnezyum içeriğine göre oldukça yüksektir.

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok magnezyum biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri* iken serpantin dışında en çok magnezyum biriktiren tür *R. rhodopea*'dır. Türler arası magnezyum birikiminde en büyük farklar yaklaşık 10 kat ile *S. tomentosa* ve yaklaşık 9 kat ile *A. pateri* subsp. *pateri*'de gözlemlenmiştir.

Bitkideki magnezyum/topraktaki magnezyum oranına bakıldığında, serpantinofit tür olan *P. angorensis*'de fark 1 kat olarak tespit edilmiştir. Bu durumda *P. angorensis* topraktaki magnezyumun neredeyse tamamını alma eğilimindedir. Bu durum magnezyum toksisitesine karşı önemli bir direnç mekanizması sağlamaktadır. Mg toksisitesi bitkilerin gelişimi için son derece olumsuz koşullar sağlamaktadır. Bu olumsuz koşullarla baş edebilmek için serpantin habitatlara adapte olan bitkiler bünyelerinde magnezyumu yüksek miktarda tutmaktadırlar.

Serpantinovag türler arasında magnezyum birikimine toleransı en yüksek bitkiler *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* ve *A. pateri* subsp. *pateri* olarak belirlenmiştir.



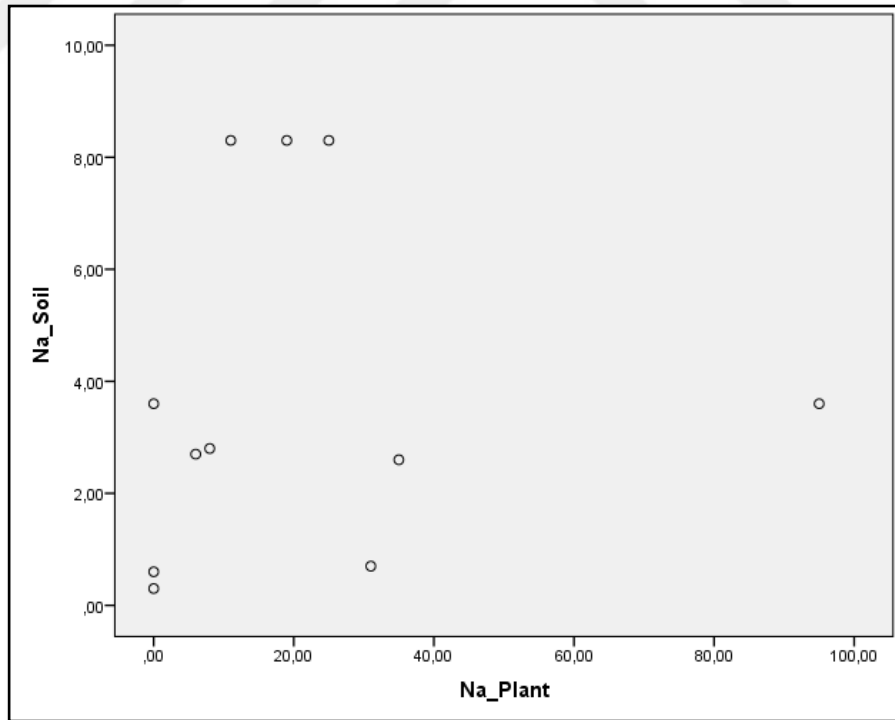
Şekil 6.5 Magnezyum elementinin bitki-toprak korelasyonu

Serpantin habitatlara uyum sağlayan edafik uzmanların adaptasyon stratejilerinden en önemlilerinden biri, düşük Ca:Mg oranına tolerans göstermektir. Analiz sonuçlarına göre, serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinin tamamının Ca:Mg oranının oldukça düşük olduğu, karşıt olarak serpantin dışından alınan toprak örneklerinin Ca:Mg oranının ise 10 ila 38 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Serpantin üzerinde gelişen bitkilerde de Ca:Mg oranı topraklarla paralellik göstermektedir. Serpantin üzerindeki Ca:Mg oranı dışına göre oldukça düşüktür. Serpantin dışında gelişen bitkilerin Ca: Mg oranının 1 ila 34 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

✓ Sodyum istisnasız olarak, serpantin üstünden alınan tüm toprak örneklerinde serpantin dışı habitatlarla karşılaştırıldığında düşük olarak gözlemlenmiştir (Şekil 6.6). Karşılaştırmalı istasyonlar arasındaki fark 27 kata kadar çıkabilmektedir. Serpantin üstünden de dışından da alınan örneklerden bünyesinde en çok sodyum biriktiren *S. tomentosa*'dır.

Türler arasında en az sodyum birikimine eser miktarda *G. orientalis* 'nın karşılaştırmalı her iki örneğinde ve *R. rhodopea*'nın serpantin üstünden alınan örneğinde rastlanmıştır. Türler arası sodyum birikiminde en büyük fark *S. tomentosa*'da gözlemlenmiştir. Serpantinovag türler arasında sodyum birikimine toleransı en yüksek bitki *S. tomentosa* olarak tespit edilmiştir.

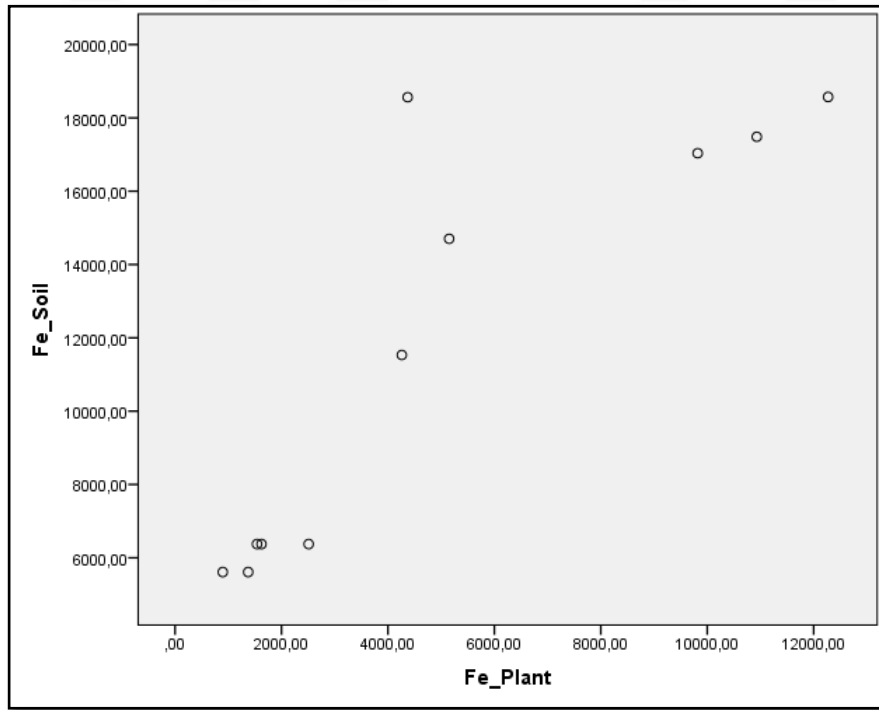


Şekil 6.6 Sodyum elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Seçilen serpantin üstü istasyonlarda Fe miktarı önemli oranda yüksek çıkarken (Şekil 6.7) serpantin dışındaki istasyonlarda neredeyse 1/3'i kadar Fe bulunmaktadır. Birçok mineralin kristal kafeslerinde yapı elementi şeklinde bulunan demir, serpantinli topraklarda yüksek miktarda bulunmaktadır ve fazla demir oksijen radikallerinin oluşumunu arttırmaktadır. Bitkilere bakıldığında ise seçilen serpantinovag tür çiftlerinin tamamında serpantin üzerinden alınan örneklerinde demir içeriği serpantin dışından alınan örneklerden oldukça fazla bulunmuştur.

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok demir biriktiren *R. rhodopea* iken serpantin dışında en çok demir biriktiren tür *A. pateri* subsp. *pateri*'dir. Türler arasında en az demir birikimi *G. orientalis* 'nın serpantin dışından alınan örneğinde gözlemlenmiştir. Türler arası demir birikiminde en büyük fark 8 kat ile *R. rhodopea*'da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında demir birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* olarak tespit edilmiştir.

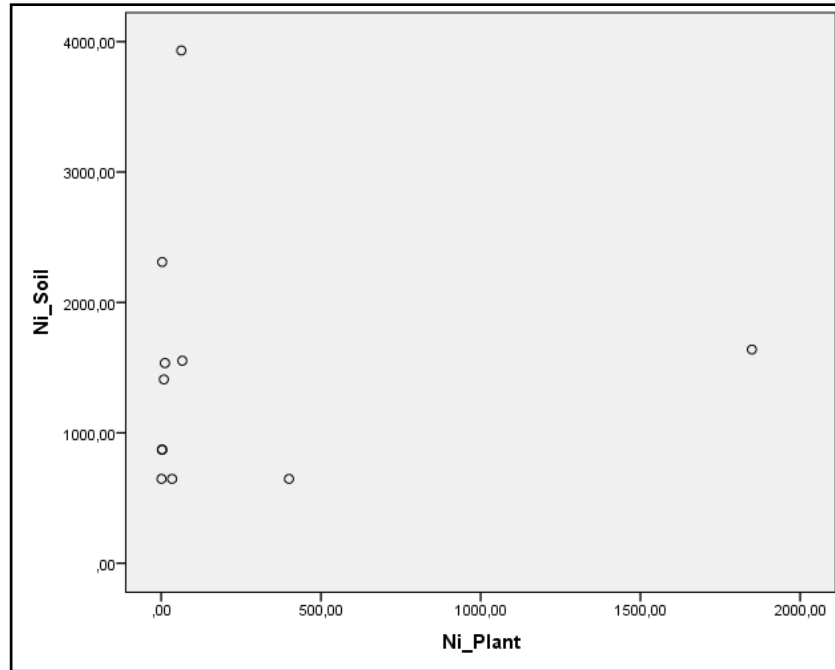


Şekil 6.7 Demir elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Karşılaştırmalı olarak seçilen istasyonlarda nikel oranı serpantin üstü istasyonlarda oldukça yüksek iken (Şekil 6.8) serpantin dışı istasyonlarda düşük olarak tespit edilmiştir. Bitkilere bakıldığında ise serpantin üzerinden alınan tüm örneklerde nikel içeriği serpantin dışından alınan örneklere göre oldukça yüksektir. Türkiye'deki toprakların geneline bakıldığında nikel çok düşük miktarda bulunmaktadır. Fakat serpantinli topraklar bu konuda bir istisna olarak bilinmektedir. Ancak yüksek miktarda bulunan nikel toksik etki yaratarak bitkilerin zehirlenmesine sebep olmaktadır.

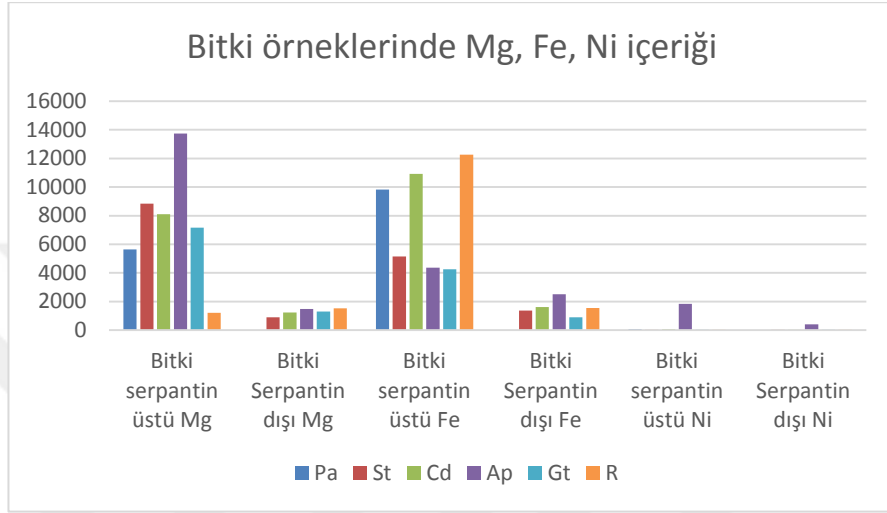
Serpantin üzerinden ve dışından alınan örneklerde bünyesinde en çok nikel biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri*'dir. Türler arasında en az nikel birikimi *R. rhodopea*'da gözlemlenmiştir.

Türler arası nikel birikiminde en büyük fark 4.6 kat ile *A. pateri* subsp. *pateri*'de gözlemlenmiştir. Tüm serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla nikel miktarının en az 2 en fazla 4.6 kat yüksek olduğu saptanmıştır. Serpantinovag türler arasında bünyesinde en fazla nikel biriktiren takson *A. pateri* subsp. *pateri*, nikel birikimine en çok esneklik gösteren takson ise *G. orientalis*'dir.



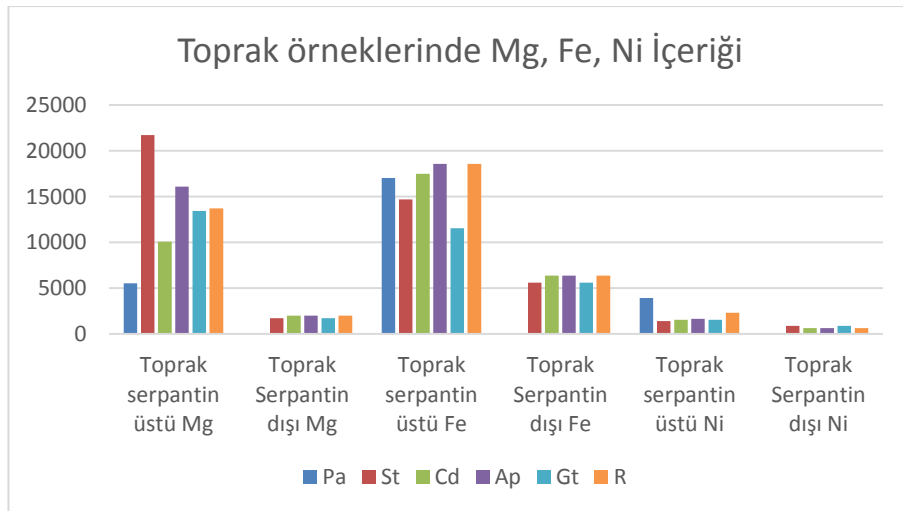
Şekil 6.8 Nikel elementinin bitki-toprak korelasyonu

Serpantin sendromu söz konusu olduğunda en karakteristik elementlerin başını çeken magnezyum ve nikel içeriğine tüm örnekler kapsamında bakıldığında, toprakların genellikle bitkilerden daha fazla Mg ve Ni içerdiği görülmektedir. Bitkilerde Mg ve Ni bakımından en dikkat çekici birikim *A. pateri* subsp. *pateri*'nin serpantin üzerinden alınan örneğinde gözlemlenmektedir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Bitki örneklerinde Mg, Fe, Ni içeriği

Serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinin tamamında Mg:Ni oranının oldukça yüksek olduğu, karşıt olarak serpantin dışından alınan toprak örneklerinin Mg:Ni oranının ise oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.10).



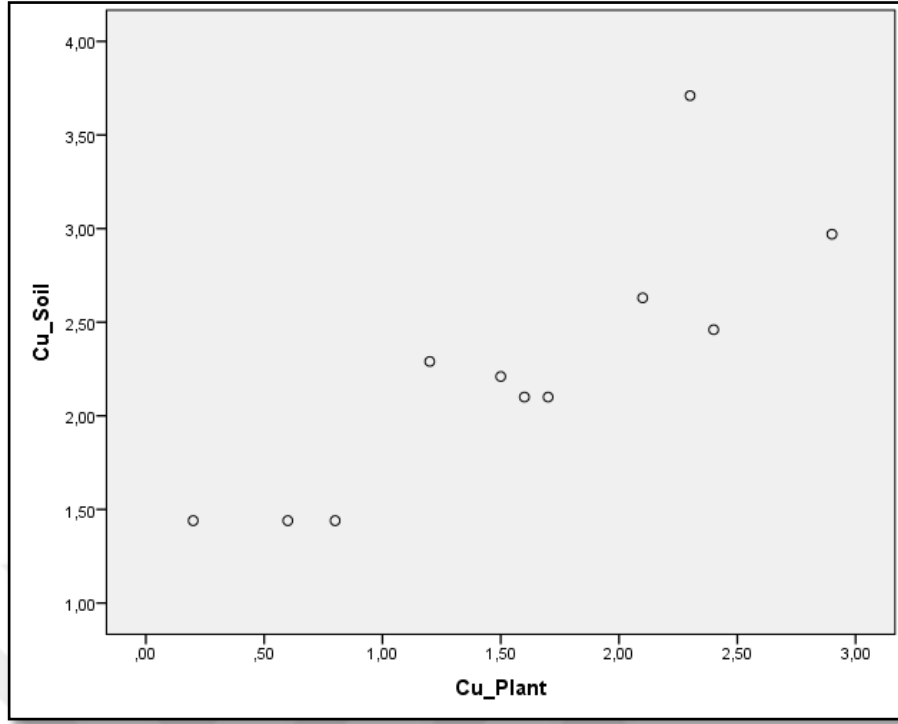
Şekil 6.10 Toprak örneklerinde Mg, Fe, Ni içeriği

✓ Karşılaştırmalı istasyonlardan serpantin üstünden alınan toprak örneklerinde bakır miktarı serpantin dışına kıyasla daha fazla belirlenmiştir (Şekil 6.11). Bakır, bitkiler için bir çok aktivitede önemli rol oynarken fazlalığı toksik etki yaratarak bitkilerin kök ve sürgün gelişimini olumsuz etkilemektedir. Fazla bakır içeriği bitkilerin gelişimlerini sınırlandıran olumsuz bir faktör olup serpantin üzerinde gelişen bitkiler için stres kaynağı teşkil etmektedir.

Organik madde bakır elementini oldukça güçlü bir şekilde bağlamaktadır. Bundan ötürü organik madde bakımından zengin topraklarda bakır eksikliğine rastlanmaktadır. Serpantin üzerinden alınan toprak örneklerinde organik madde miktarı düşük olarak tespit edilmiştir. Analizler sonucunda serpantin istasyonlardan alınan örneklerde bakırın yüksek çıkması, bakır miktarı ve organik madde arasındaki ters orantıyla da örtüşmektedir.

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok bakır biriktiren *S. tomentosa* iken serpantin dışında en çok bakır biriktiren tür *G. orientalis*'dir. Türler arası bakır birikiminde en büyük fark 7.5 kat ile *R. rhodopea* 'da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında bakır birikimine toleransı en yüksek bitki *Rhamnus rhodopea* olarak tespit edilmiştir.



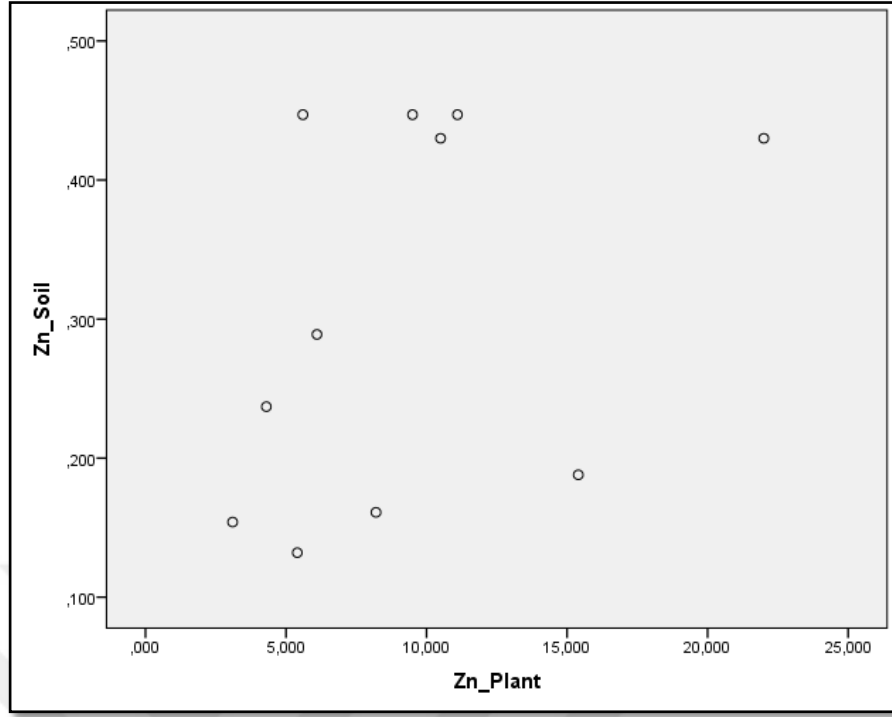
Şekil 6.11 Bakır elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Serpantinli topraklardan alınan örneklerin tamamında çinko içeriği serpantin dışından alınan örneklerle kıyaslandığında oldukça düşük olarak belirlenmiştir (Şekil 6.12) ve bu durum Cu/Zn antagonizmi ile de paralel seyretmektedir. Çinko birçok biyokimyasal reaksiyonda katalizörlük yapmaktadır.

RNA sentezi, bitkide N metabolizması, tohum olgunlaşması, oksin sentezi ve internod uzamasında önemli roller oynamaktadır. Bitkilere bakıldığında ise genellikle serpantin üzerinden alınan örneklerinde çinko içeriği serpantin dışından alınan örneklere göre oldukça düşüktür.

Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok çinko biriktiren *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* iken serpantin dışında en çok çinko biriktiren tür *S. tomentosa*'dır. Türler arası çinko birikiminde en büyük fark 7 kat ile *S. tomentosa*'da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında çinko birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.



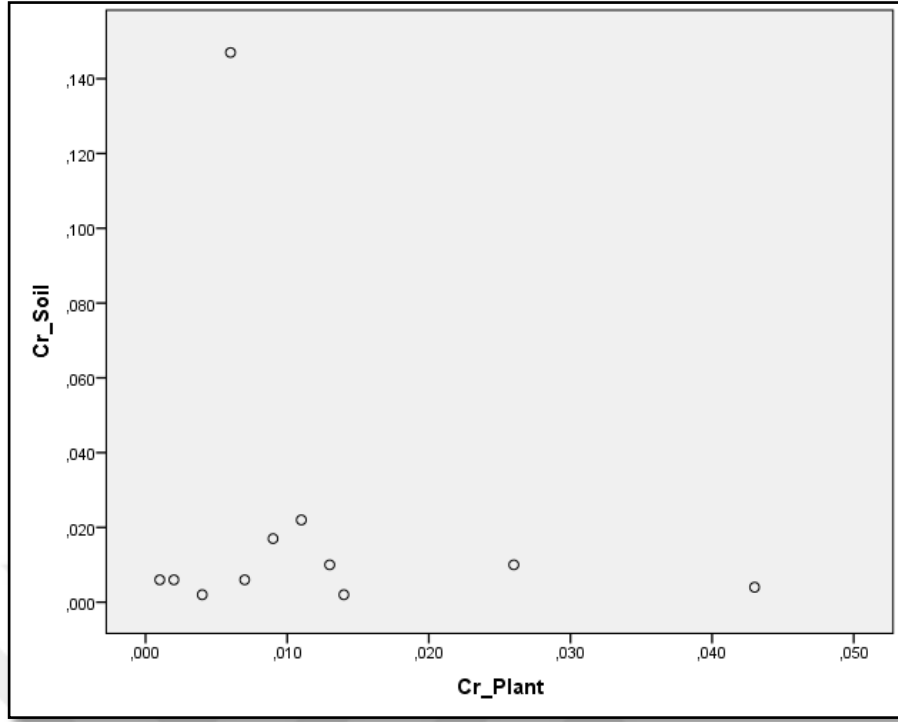
Şekil 6.12 Çinko elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki krom miktarları serpantin dışı toprakların krom miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir (Şekil 6.13). Bu durum serpantin üzerinde gelişen bitkilere olumsuz bir etki yaratmaktadır.

Krom ciddi seviyede toksik bir element olup özellikle hücre zarında bozulmalara, organellerde dejenerasyonlara ve yapısal aktivitelerde bozulmalara sebep olmaktadır.

Serpantin üzerinden ve dışından alınan örneklerde bünyesinde en çok krom biriktiren *S. tomentosa*'dır. Türler arası krom birikiminde en büyük fark 13 kat ile *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'da gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında krom birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.



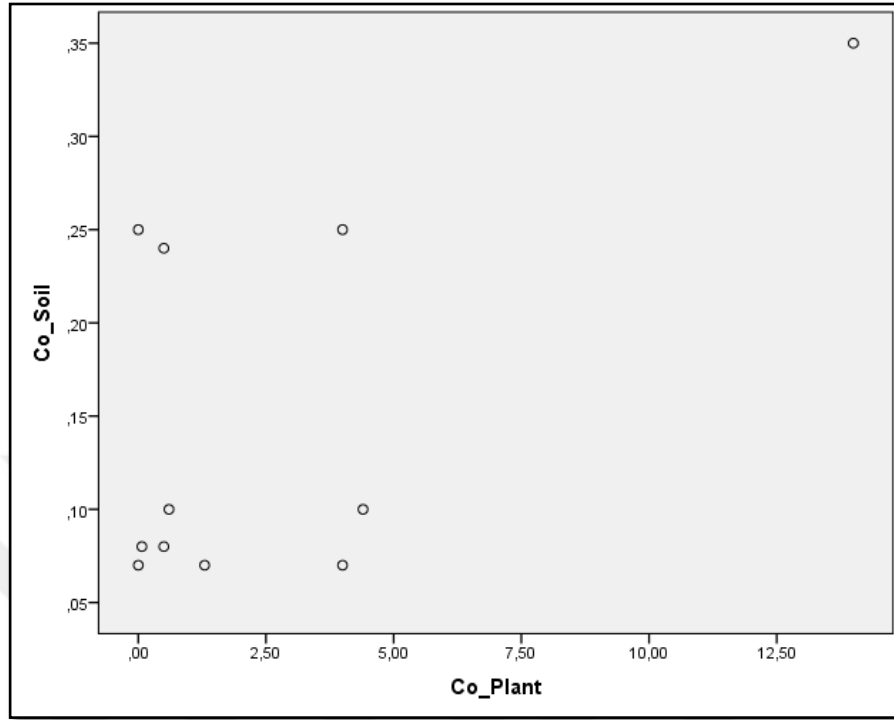
Şekil 6.13 Krom elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki kobalt miktarları serpantin dışı toprakların kobalt miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir (Şekil 6.14). Aynı şekilde bitki örneklerinde de serpantin üzerinden alınan bitkilerdeki kobalt miktarı serpantin dışından alınan bitkilerinkinden yüksek bulunmuştur.

Kobalt bitkilerin parazitlere ve enfeksiyonlara karşı dirençliliğini arttırmaktadır. Bazı enzimlerin yapısında yer almakla beraber bitkinin nişasta miktarını da ayarlamaktadır. Bitki büyümesini uyarıcı etkisi mevcuttur. Ağır metallerin toksik etkilerini tolere etmeye yardımcı olmaktadır.

Serpantin üzerinden ve dışından alınan örneklerde bünyesinde en çok kobalt biriktiren *A. pateri* subsp. *pateri*'dir. Türler arası kobalt birikiminde en büyük fark yaklaşık 3.5 kat ile *C. drabifolia* subsp. *cappadocica* ve *A. pateri* subsp. *pateri*'de gözlemlenmiştir.

Serpantinovag türler arasında kobalt birikimine toleransı en yüksek bitki *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'dır.



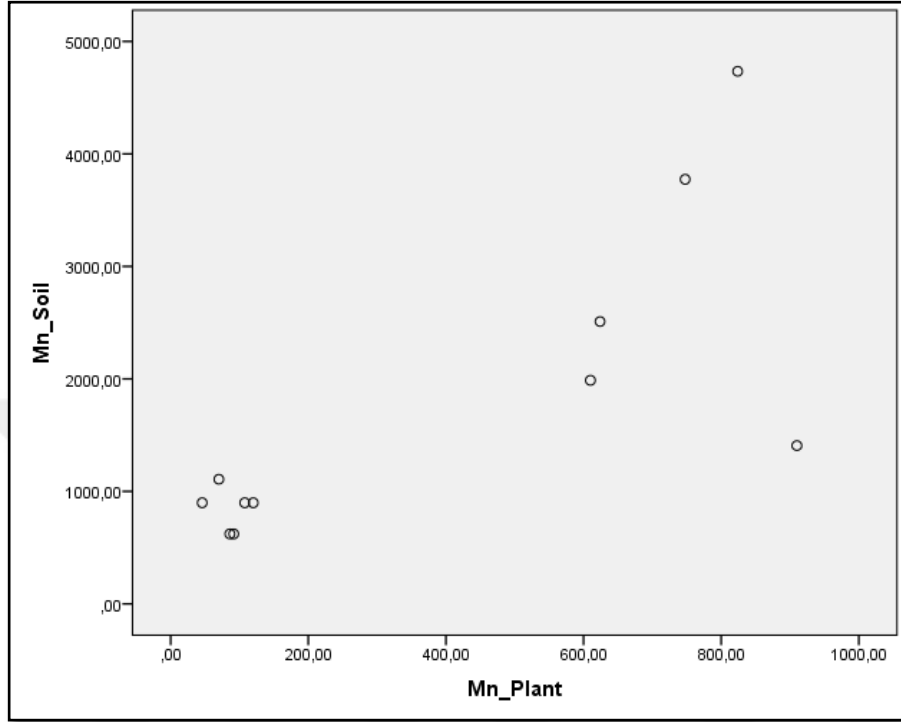
Şekil 6.14 Kobalt elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Serpantinovag türlerin serpantin üstünden ve serpantin dışından olmak üzere karşılıklı çift şeklinde alınan toprak örneklerinin tamamında, serpantinli topraktaki mangan miktarları serpantin dışı toprakların mangan miktarından yüksek olarak gözlemlenmiştir (Şekil 6.15).

Serpantinovag türlerin serpantin üstünden alınan örneklerinde serpantin dışından alınan örneklere kıyasla mangan miktarının genellikle yüksek olduğu saptanmıştır. Manganın fazlalığında oksijen miktarı azalır ve bu durum bitki gelişimini olumsuz etkiler.

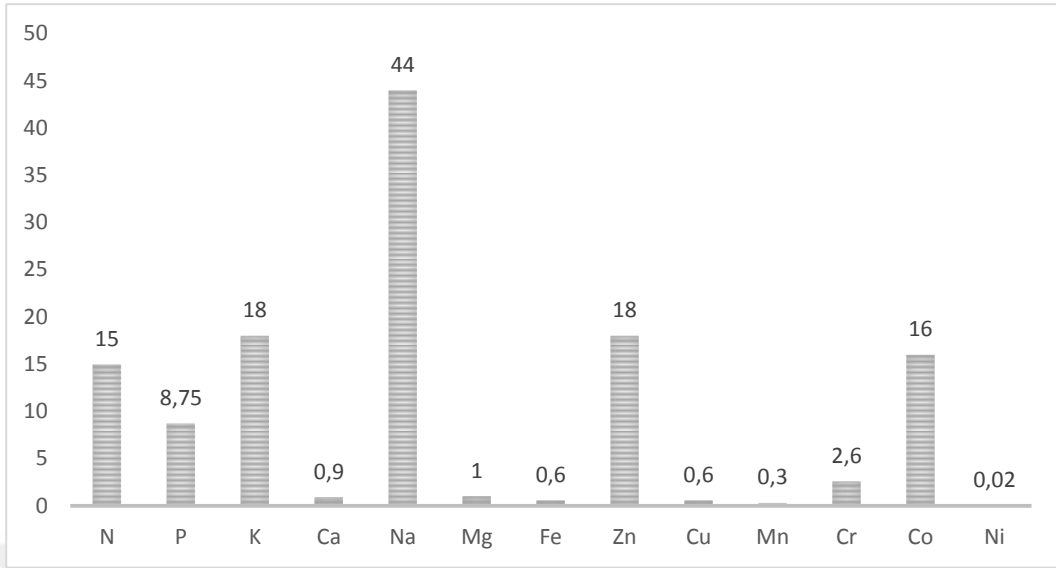
Serpantin üzerinden alınan örneklerden bünyesinde en çok mangan biriktiren *S. tomentosa* iken serpantin dışında en çok mangan biriktiren tür *A. pateri* subsp. *pateri*'dir.

Serpantinovag türler arasında mangan birikimine toleransı en yüksek bitki *S. tomentosa* olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.15 Mangan elementinin bitki-toprak korelasyonu

✓ Topraktan en fazla alınan elementlere göre bakıldığında bünyesinde en çok sodyumu biriktiren *P. angorensis*; özellikle potasyum, çinko, kobalt, azot elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki magnezyum ve kalsiyumun ise neredeyse tamamını almıştır (Şekil 6.16).



Şekil 6.16 Serpantinofit tür *P. angorensis*'in elementel birikim katsayıları

S. tomentosa'nın serpantin üstündeki örneği topraktan özellikle azot, çinko, sodyum, krom ve kobalt elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki bakırın ise tamamını almıştır. *S. tomentosa*'nın serpantin dışındaki örneği ise, topraktan özellikle fosfor, krom, kobalt ve çinko elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki kalsiyumun ise tamamını almıştır.

C. drabifolia subsp. *cappadocica*'nın serpantin üstündeki örneği, topraktan özellikle azot, fosfor, kobalt ve çinko elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki kalsiyum, magnezyum, bakır ve kromun ise neredeyse tamamını almıştır. *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın serpantin dışındaki örneği ise, topraktan özellikle azot, çinko ve kobalt elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki potasyum, kalsiyumun ise neredeyse tamamını almıştır.

A. pateri subsp. *pateri*'nin serpantin üstündeki örneği, topraktan özellikle nikel, potasyum, çinko ve kobalt elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki magnezyum ve bakırın ise neredeyse tamamını almıştır. *A. pateri* subsp. *pateri*'nin serpantin dışındaki örneği ise, topraktan özellikle azot, çinko ve kobalt elementlerinin oldukça yüksek miktarını bünyesine almıştır.

G. orientalis 'nın serpantin üstündeki örneği, topraktan özellikle azot, fosfor, potasyum, çinko elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki kalsiyumun ise neredeyse tamamını almıştır. *G. orientalis* 'nın serpantin dışındaki örneği ise, topraktan özellikle azot, fosfor ve çinko elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki kalsiyum, magnezyum, bakır ve kobaltın ise neredeyse tamamını almıştır.

R. rhodopea'nın serpantin üstündeki örneği, topraktan özellikle azot, fosfor ve potasyum elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki kalsiyum ve bakırın ise neredeyse tamamını almıştır. *R. rhodopea*'nın serpantin dışındaki örneği ise, topraktan özellikle azot, potasyum ve çinko elementlerinin oldukça yüksek miktarını; topraktaki krom ve magnezyumun ise neredeyse tamamını almıştır.

✓ Serpantinovag tür çiftlerinin bünyelerinde biriktirdikleri elementlere karşı sahip oldukları ekolojik toleranslara bakıldığında (Şekil 6.17); bu farklılıkların ileride fenotipede yansiyarak ekotipik farklılaşmalara neden olabileceği varsayılmıştır.

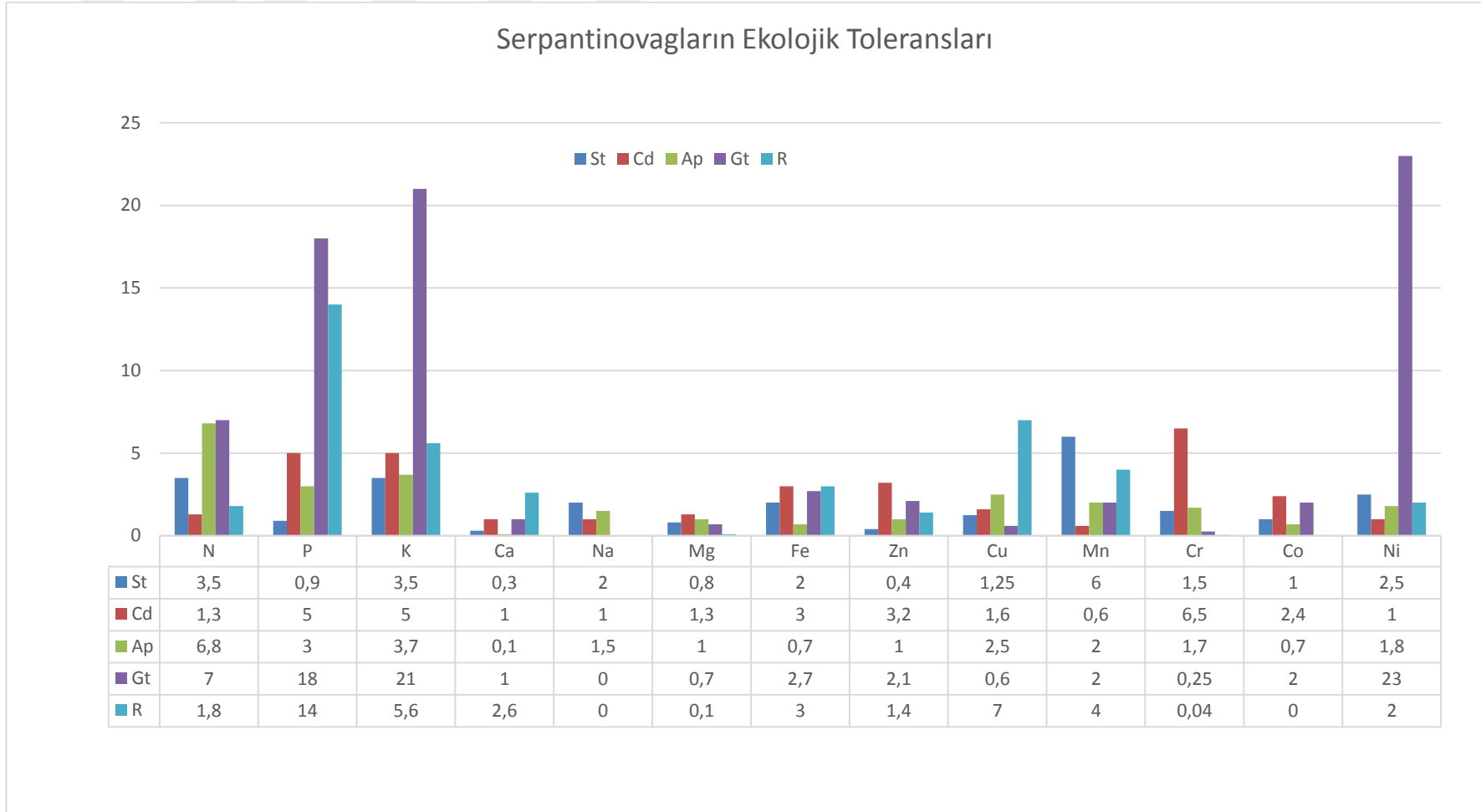
- *S. tomentosa*'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 6 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı mangana karşı; en az ekolojik toleransı ise kalsiyuma karşı göstermiştir.

- *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 6.5 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı kroma karşı; en az ekolojik toleransı ise mangana karşı göstermiştir.

- *A. pateri* subsp. *pateri*'nin serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 6.8 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı azota karşı; en az ekolojik toleransı ise kalsiyuma karşı göstermiştir.

- *G. orientalis* 'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 23 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı nikel karşı; en az ekolojik toleransı ise kroma karşı göstermiştir.

- *R. rhodopea*'nın serpantin üstü ve dışındaki örnekleri kıyaslandığında bitki kendini 14 kat esneterek en fazla ekolojik toleransı fosfora karşı; en az ekolojik toleransı ise kroma karşı göstermiştir.
- ✓ Ekolojik toleransları bakımından tüm bitki örnekleri göz önüne alındığında;
 - *C. drabifolia* subsp. *cappadocica*, ekolojik toleransı en yüksek tür olarak saptanmıştır. Bitki; Mg, Fe, Zn, Cr, Co elementlerinin her birine karşı en yüksek toleransı göstermektedir.
 - N, P, K, Ni elementlerinin her birine karşı en yüksek ekolojik toleransı gösteren *G. orientalis* tolerans yeteneği bakımından ikinci sırada yer almaktadır.
 - Na ve Mn elementlerinin her birine karşı en yüksek ekolojik toleransı gösteren *S. tomentosa* ve Ca, Cu elementlerinin her birine karşı en yüksek ekolojik toleransı gösteren *R. rhodopea* ise tolerans yeteneği bakımından üçüncü sırayı paylaşmaktadırlar.
 - Mg bakımından ise *A. pateri* subsp. *pateri*'nin ciddi derecede ekolojik tolerans gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 6.17 Serpantinovag türlerin ekolojik toleransları

Grime (1977,1988) vb. birçok araştırıcı bitki türlerinin yaşam stratejilerini modellemeye çalışmışlardır. Grime'nin C-R-S modeline göre *tahribat ve stres azaldıkça → rekabet artar*. Grime' e göre rekabetçilik strese direnç ile ters ilişkilidir.

Oksanen ve Ranta (1992) Grime'nin CRS üçgenine alternatif olarak MacArthur-Fretwell üçgenini getirmişler ve farklı bitki stratejileri için farklı tipte tahribatlar belirlemişlerdir. Edafik stresi açıklayan en önemli çalışmalar Palacio ve arkadaşları (2007) ile Pueyo ve arkadaşları (2007) tarafından jipsofil endemizmi açıklamak üzere gerçekleştirilmiştir.

Serpantin sistemler oldukça zorlayıcı ve itici kuvvete sahip habitatlardır. Bitki gelişimi için son derece olumsuz koşullar ortaya koyarlar. Bu koşullara karşı bitkinin vereceği cevaplardan biri kaçmak, diğerisi ise kalıp savaşmaktır. Kalıp savaşmayı tercih eden türler zaman içinde bu olumsuz koşullara kendilerini adapte ederler ve uzmanlaşırlar. Her bitkinin mücadele yolu farklı olabilmektedir.

Güçlü bir edafik sınava tabi tutulan bitkiler kimi zaman elementel allelopati ile, kimi zaman elementel kolaylaştırma ile, fitokimyasal kompozisyonlarını uyarlayarak çözümler bulmaya çalışırlar. Bu zorlayıcı sınavın uzun vadede türleşme mekanizmasını aktive ederek bitkileri türleşmeye iteceği düşünölmektedir. Bugün serpantinovag olarak adlandırdığımız serpantin üzerinde edafik olarak uzmanlaşmış türlerin, evrimsel saati ileri doğru çalıştırdığımız varsayıldığında mevcut türlerinden ayrılarak yeni türler olacağı öngörülmektedir.

Jeolojik ada konumunda bulunan serpantinli habitatlar yalnızca evrimsel soruları test etmekte değil aynı zamanda komünite ekolojisi ve ekosistem fonksiyonları, intraspesifik varyasyon, adaptasyon, üreme izolasyonu ve ekotipik farklılaşma hakkında geniş araştırmaya olanak sağlayan ideal modellerdir.

Bitkilerin kimyasal kompozisyonundaki farklılık serpantinofit ve serpantinovagların farklı “uyum stratejileri” geliştirdiklerinin bir göstergesidir.

Palacio ve arkadaşları (2007) ile Pueyo ve arkadaşları (2007) edafik endemizmin oluşumunu açıklamak için jipsli topraklarda gelişen bitkiler için “sığınak ve strese dirençli model” olmak üzere iki farklı model önermişlerdir.

Serpantinofit ve serpantinovaglar için de bu stratejilerin benzer şekilde geçerli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre;

Serpantin sendromuna karşı geliştirdikleri uyumsal açılımlar nedeniyle serpantinofitlerin serpatin dışına çıkamadıkları ve “**SİĞİNMA MODELİ (=REFUGE MODEL)**” geliştirdikleri, serpantin dışında farklı toprak grupları üzerinde de gelişiyor olabilmeleri nedeniyle serpantinovagların ise geliştirdikleri strese direnç sayesinde “**UZMANLAŞMA MODELİ (=SPECIALIST MODEL)**” yoluyla daha geniş alanlarda yayılabildikleri tespit edilmiştir.

Evrimsel saatin ileri doğru çalıştırıldığı varsayılırsa milyonlarca yıl sonra serpantin üzerinde edafik uzmanlık kazanan bu serpantinovagların türleşmeye maruz kalarak ayrılacağı öngörülmektedir.

Serpantin ekosistemleri içeren gelecekteki çalışmalar ekoloji, evrim, fizyoloji ve genetik alanlarını birleştirmelidir. Bu habitatlarda henüz keşfedilmemiş veya yorumlanmamış çok fazla konu bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adıgüzel, N. and Reeves, RD. 2002. "A new nickel accumulating species of Alyssum (Cruciferae) from western Turkey", *Edinburgh Journal of Botany* 59: 215-219.
- Akman, Y. and Daget, P. H. 1971. Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. *Bull. Soc. Long. Georg*, 5(3), 269-300.
- Akman, Y. 1972a. Flora of the Beynam forest. *Commun. Fac. Sci. Univ. Ankara, C, 16*, 1-27.
- Akman, Y. 1972b. Akman, Y., 1972. The vegetation of Beynam Forest. *Communications de la faculté des Sciences de l'Université d'Ankara. Série C5 16C*, 29-53.
- Akman, Y., Ketenoglu, O., Quézel, P. and Demirors, M. 1984. A syntaxonomic study of steppe vegetation in Central Anatolia. *Phytocoenologia*, 563-584.
- Akman, Y. 2011. *İklim ve biyoiklim: Biyoiklim metodları ve Türkiye iklimleri*. Palme Yayınları.
- Alexander, Earl B., Robert G. Coleman, Todd Keeler-Wolf, and Susan P. Harrison. 2007. *Serpentine geocology of western North America: Geology, soils and vegetation*. New York: Oxford Univ. Press.
- Altun, İ.E., Kadıncız G. ve Aksay A. 2002. Bolu H-28 paftası jeoloji haritası. MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi Başkanlığı, 18s., Ankara.
- Anacker S.Y. Strauss. 2014. The geography and ecology of plant speciation: Range overlap and niche divergence in sister species. *Proceedings of the Royal Society B*. 281: 20132980.
- Analiz Yöntemleri El Kitabı, Adnan Menderes Üniversitesi.
- Anonim 1992. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara ili arazi varlığı. Tarım
- Anonymous 1990. micronutrient, assessment at the country level an international study. *FAO Soil Bulletin by Sillanpaa Rome*.
- Anonim 2018a <http://www.earth.google.com> Google earth V 6.2.2.6613. (30.09.2018).
- Anonim 2018b <http://www.earth.google.com> Google earth V 6.2.2.6613. (01.10.2018).
- Avcı, M. 2005. Diversity and endemism in Turkey's vegetation. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 13: 27-55

- Baker, AJM. and Brooks, RR. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements-A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1:81-126
- Baker, AJM., Proctor, J., van Balgooy, MMJ. and Reeves, RD. 1992. Hyperaccumulation of nickel by the flora of the ultramafics of Palawan, Republic of the Philippines. In: Baker AJM, Proctor J, Reeves RD, eds. *The vegetation of ultramafic (serpentine) soils*. Andover, UK: Intercept Ltd, 291-304.
- Baker, A.J.M., Reeves, R.D. and Hajar, A.S.M., 1994. Heavy Metal Accumulation and Tolerance in British Populations of the Metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl. (Brassicaceae). *New Phytologist*, 127, 61-68.
- Baker, A.J.M. and Walker, P.L. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants, in: Shaw A.J. (Ed.), *Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary Aspects*, CRC Press, Boca Raton, 155-177,
- Batianoff, G.N. and Singh, S. 2001. Central Queensland serpentine landforms, plant ecology and endemism. *South African journal of science*, 97(11 & 12), p-495.
- Bolat, İ. and Kara, Ö. 2017. Plant nutrients: sources, functions, deficiencies and redundancy. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Boss, CB. and Fredeen, KJ. 2004. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*. PerkinElmer Life and Analytical Sciences, 710 Bridgeport Avenue Shelton, CT 06484-4794 USA.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S. ve Paslı, N. 2001. *Ekoloji – II (Toprak)*, Başkent Klîşe Matbaacılık, Kızılay-Ankara.
- Bouyoucos, GJ. 1951. A recalibration of the hydrometer methods for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43; 434-438.
- Boyd, RS. and Jaffre, T. 2001. Phytoenrichment of soil Ni content by *Sebertia acuminata* in New Caledonia and the concept of elemental allelopathy. *S. Afr J. Sci.* 97:535-38
- Boyd, RS. and Martens, SN. 1998. The significance of metal hyperaccumulation for biotic interactions. *Chemoecology* 8:1-7
- Boyd, R.S. 2004. Ecology of metal hyperaccumulation. *New Phytologist*, 162(3), 563-567.
- Boyd, R.S. 2012. Plant defense using toxic inorganic ions: conceptual models of the defensive enhancement and joint effects hypotheses. *Plant Science*, 195, 88-95.

- Boyd Robert, S. 2009. High-nickel insects and nickel hyperaccumulator plants: A review. *Insect Science* 16.1: 19–31.
- Brady, NC. 1990. *The Nature and Properties of Soils*. 10th Edition, Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Brady, K U., Kruckeberg, A.R. and Bradshaw Jr, H.D. 2005. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36: 243–266.
- Branco, S. and Richard H. Ree. 2010. Serpentine soils do not limit mycorrhizal fungal diversity. *PLoS ONE* 5.7: e11757.
- Bremner, J.M. 1965. *Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods*. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wise S-1149-1178, USA.
- Briscoe, Laura R.E., Tanner B. Harris, William Broussard, Eva Dannenberg, Fred C. Olday, and Nishanta Rajakaruna. 2009. Bryophytes of adjacent serpentine and granite outcrops on the Deer Isles, Maine, U.S.A. *Rhodora* 111.945: 1–20.
- Brooks, R.R. 1987. *Serpentine and its vegetation: a multidisciplinary approach*. Dioscorides Press, Portland.
- Brooks, R.R., Morrison, R.S., Reeves, R.D., Dudley, T.R. and Akman, Y. 1979. Hyperaccumulation of nickel by *Alyssum linnaeus* (Cruciferae). *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 203(1153), 387-403.
- Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Cardace, D. and Tori M. Hoehler. 2011. Microbes in extreme environments: Implications for life on the early Earth and other planets. In *Serpentine: The evolution and ecology of a model system*. Edited by Susan P. Harrison and Nishanta Rajakaruna, 29–48. Berkeley: Univ. of California Press.
- Çetik, R. 1965. A study on the range vegetation of Lalahan Zootečni Institut: Polatlı, Altınova Dev. Ür. Çift. *Comm. Fac. Sci., Univ., Ankara C*, 20, 35-61.
- Chazeau, J. 1997. Caractères de la faune de quelques milieux naturels sur sols ultramafiques en Nouvelle-Calédonie. In *Écologie des milieux sur roches ultramafiques et sur sols métallifères: Actes de la Deuxième Conférence Internationale sur l'Écologie des Milieux Serpentiniques*, Nouméa, 31 juillet–5 août 1995. Edited by Tanguy Jaffré, Roger D. Reeves and Thierry Becquer, 95–105. Documents Scientifiques et Techniques III.2. Nouméa, New Caledonia: Centre ORSTOM de Nouméa.

- Coleman, Robert G. and Carlos J. 1992. Geological origin of serpentinites. In *The vegetation of ultramafic (serpentine) soils: Proceedings of the First International Conference on Serpentine Ecology*, University of California, Davis, 19–22 June 1991. Edited by Alan J. M. Baker, John Proctor, and Roger D. Reeves, 469–494. Andover, UK: Intercept.
- Cooke, SS. 1994. The edaphic ecology of two western North American composite species. PhD thesis. Univ. Wash., Seattle. 288 pp.
- Crawford, J.J. Doyle., D.E., Soltis, P.S. and Wendel. J.F.2014. Contemporary and future studies in plant speciation, morphological/floral evolution and polyploidy: honouring the scientific contributions of Leslie D. Gottlieb to plant evolutionary biology. *Philosophical Transactions of the Royal Society London Biological Sciences* 369: 20130341.
- Çepel N 1996. Toprak ilmi. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438. İstanbul.
- Daghino, S., Claude M., Elisa S., Mariangela, G. and Silvia P. 2012. Fungal diversity is not determined by mineral and chemical differences in serpentine substrates. *PLoS ONE* 7.9: e44233.
- Darwin C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. New York: Mentor. 495 pp
- Davis, P.H. 1965-1988. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. 1-11 University Press, Edinburg.
- Davis, MA., Boyd, RS. and Cane JH. 2001. Host- switching does not circumvent the Ni-based defense of the Ni hyperaccumulator *Streptanthus polygaloides* (Brassicaceae). *S. Afr J. Sci.* 97:554-57
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z. ve Adıgüzel, N. 2000. *Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı*. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 149s., Ankara.
- Engler, A. 1882. *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärperiode*. 2 Bd. Engelmann, Leipzig.
- Fageria NK 2009. *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
- Favarger, C.J. Contandriopolous 1961. Essai sur l'endémisme. *Bulletin de la Société Botanique Suisse*, 77, 383-408.
- Futuyma, D.J. and Moreno, G. 1988. The evolution of ecological specialization. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 19: 207–233.

- Gall, Jillian E., and Nishanta R., 2013. The physiology, functional genomics, and applied ecology of heavy metal-tolerant Brassicaceae. In *Brassicaceae: Characterization, functional genomics and health benefits*. Edited by Minglin Lang, 121–148. Hauppauge, NY: Nova Science.
- Gardner, M. and Macnair, M.R. 2000. Factors affecting the co-existence of the serpentine endemic *Mimulus nudatus* Curran and its presumed progenitor, *Mimulus guttatus* Fischer ex DC. *Biological Journal of the Linnean Society* 69: 443–459.
- Gaston, K.J. and Blackburn, T.M. 2000 *Pattern and Process in Macroecology*. Blackwell Science, Oxford.
- Gordon, A. and Lipman, C.B. 1926. Why are serpentine and other magnesian soils infertile? *Soil Sci.* 22:291-302
- Grewellingç T. and Peech, M. 1960. *Chemical Soil Test*. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 960. Hand Book. 60. U.S. Dept. of Agriculture.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982), 1169-1194.
- Grime, J.P. 1988. The CSR model of primary plant strategies—origins, implications and tests. In *Plant evolutionary biology* (pp. 371-393). Springer, Dordrecht.
- Gustafson, Danielü J. and Brenda B. Casper. 2004. Nutrient addition affects AM fungal performance and expression of plant/fungal feedback in three serpentine grasses. *Plant and Soil* 259.1–2: 9–17.
- Harrison S. 1997. How natural habitat patchiness affects the distribution of diversity in Californian serpentine chaparral. *Ecology* 78:1898-1906
- Harrison S. 1999. Local and regional diversity in a patchy landscape: native, alien, and endemic herbs on serpentine. *Ecology* 80:70- 80
- Harrison, Susan P. and Nishanta Rajakaruna, eds. 2011. *Serpentine: The evolution and ecology of a model system*. Berkeley: Univ. of California Press.
- Harrison, Susan, Hugh D. Safford, James B. Grace, Joshua H. Viers, and Kendi F. Davies. 2006. Regional and local species richness in an insular environment: Serpentine plants in California. *Ecological Monographs* 76.1: 41–56.
- Hereford, J. 2009. A quantitative survey of local adaptation and fitness trade-offs. *American Naturalist* 173: 579–588.

- Hızalan, E. 1969. Toprak Etüd ve Haritalama I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 169, Ankara.
- Hızalan, E. ve Ünal, H. 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278, Ankara.
- Hickman, J. C. 1993. The Jepson manual: higher plants of California. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Hirth, Greg, and Stéphane Guillot. 2013. Rheology and tectonic significance of serpentinite. *Elements* 9.2: 107–113.
- Iturralde RB. 2001. The influence of ultramafic soils on plants in Cuba. *S. Afr J. Sci.* 97:510-12 40
- Jaffré, T., Pillon, Y., Thomine, S. and Merlot, S. 2013. The metal hyperaccumulators from New Caledonia can broaden our understanding of nickel accumulation in plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 279.
- Jaffré, Tanguy. 1980. Étude écologique du peuplement végétal des sol dérivés de roches ultrabasiqes en Nouvelle Calédonie. *Travaux et Documents de L'ORSTOM* 124. Paris: ORSTOM.
- Jenny H. 1980. *The Soil Resource: Origin and Behavior*. Ecol. Stud. 37:256-59. New York: Springer-Verlag. 377 pp
- Kacar, B.; İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel yayıncılık Yayım No= 1241 Fen Bil. 63. ISBN 978-605-395-036-3 .
- Kantarcı, M.D. 2000. Toprak İlimi. İÜ Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.
- Kantarcı, D. 1987. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi yayını, İstanbul
- Kaya, Y. ve Aksakal, Ö. 2005. Endemik bitkilerin dünya ve Türkiye'deki dağılımı. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 85-99.
- Kazakou, Elena, Panayiotis G. Dimitrakopoulos, Alan J. M. Baker, Roger D. Reeves, and Andreas Y. Troumbis. 2008. Hypotheses, mechanisms and trade-offs of tolerance and adaptation to serpentine soils: From species to ecosystem level. *Biological Reviews* 83.4: 495–508.
- Kılınc, M. 1974. Kırıkkale-Kalecik ve Elmadağ arasındaki serpantin formasyonunun vejetasyonu üzerinde ekolojik ve sosyolojik bir araştırma. *Bitki*, 1(4), 479-521.
- Kılınc, M. ve Kutbay, H.G. 2008. Bitki Ekolojisi. Palme Yayıncılık.

- Kimbrough, D.E., et al. 1999. A Critical Assessment of Chromium in the Environment. *Crit. Rev. Env. Sci. Technol.*, 29, 1-46,
- Kovancı, İ., 1969. İzmir Bölgesi Tarla Topraklarında Nitrifikasyon Durumu ve Bunun Bazı Toprak Özellikleri ile Olan İlişkisi Üzerine Araştırmalar, 96 s. Bornova.
- Krämer, U. 2010. Metal hyperaccumulation in plants. *Annual review of plant biology*, 61, 517-534.
- Krause W. 1958. Andere Bodenspezialisten. In *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, ed. G Michael, 4:758-806. Berlin: Springer-Verlag
- Kruckeberg A.R. , Adıgüzel, N. and Reeves, R.D. 1999. ‘‘Glimpses of the flora and ecology of Turkish (Anatolian Species), *The Karaca Arboretum Magazine* 5 (2): 67-86.
- Kruckeberg AR. 1950. An experimental inquiry into the nature of endemism on serpentine soils. PhD thesis. Univ. Calif., Berkeley. 154 pp.
- Kruckeberg AR. 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. III. Plant species in relation to serpentine soils. *Ecology* 35:267-74
- Kruckeberg AR. 1985. *California Serpentes: Flora, Vegetation, Geology, Soils, and Man-agement Problems*. Berkeley: Univ. Calif. Press. 180 pp
- Kruckeberg AR. 2002. The influences of lithology on plant life. In *Geology and Plant Life: The Effects of Landforms and Rock Type on Plants*, pp. 160-81. Seattle/London: Univ. Wash. Press. 362 pp
- Kruckeberg, A.R. 1984. *California serpentines: flora, vegetation, geology, soils and management problems* University of California Press. Berkeley, CA.
- Kurt L., Tug GN., Ketenoğlu O. 2006. Synoptic View of the Steppe Vegetation of Central Anatolia (Turkey). *Asian Journal of Plant Science* 5(4):733-739.
- Kurt, L., Ozbey, B.G., Kurt, F., Ozdeniz, E. and Bölükbaşı, A. 2013. Serpentine Flora of Turkey. *Biological Diversity and Conservation*. 6/1 (2013) 134-152.
- Lindsay WL and Norvell, WA. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.
- Maas, John L. and Daniel, E. Stuntz. 1969. Mycoecology on serpentine soil. *Mycologia* 61.6: 1106–1116.
- Meindl, G.A. and Ashman. T. L. 2013. The effects of aluminum and nickel in nectar on the foraging behavior of bumblebees. *Environmental Pollution* 177: 78–81.

- Mengoni, Alessio, Henk Schat, and Jaco Vangronsveld. 2010. Plants as extreme environments? Ni-resistant bacteria and Ni-hyperaccumulator hyperaccumulators of serpentine flora. *Plant and Soil* 331.1-2: 5-16.
- Moore, Kara A. and Sarah C. Elmendorf. 2011. Plant competition and facilitation in systems with strong environmental gradients. In *Serpentine: The evolution and ecology of a model system*. Edited by Susan P. Harrison and Nishanta Rajakaruna, 223-236. Berkeley: Univ. of California Press.
- Moore, Eldridge M. 2011. Serpentinites and other ultramafic rocks: Why they are important for Earth's history and possibly for its future. In *Serpentine: The evolution and ecology of a model system*. Edited by Susan P. Harrison and Nishanta Rajakaruna, 3-28. Berkeley: Univ. of California Press.
- Mulligan, C.N., Yong, R.N. and Gibbs, B.F. 2001. Remediation technologies for metal contaminated soils and groundwater: an evaluation, *Engineering Geology*, 60, 193-207,
- Novak, A.F. 1928. Quelques remarques relatives au probleme de la vegetation sur les terrains serpentiniques. *Preslia* 6 : 42-71
- O'Dell, Ryan E. and Nishanta Rajakaruna. 2011. Intraspecific variation, adaptation, and evolution. In *Serpentine: The evolution and ecology of a model system*. Edited by Susan P. Harrison and Nishanta Rajakaruna, 97-137. Berkeley: Univ. of California Press.
- Okan, Y. 1982. Elmadağ formasyonu (Ankara) yaşı ve alt bölümleri [The subdivision and age of the Elmadağ formation (Ankara/Turkey)]. *TJK Bülteni*, 25, 95-104.
- Oksanen, L. and Ranta, E. 1992. Plant strategies along mountain vegetation gradients: a test of two theories. *Journal of Vegetation Science*, 3(2), 175-186.
- Oline, David K. 2006. Phylogenetic comparisons of bacterial communities from serpentine and nonserpentine soils. *Applied and Environmental Microbiology* 72.11: 6965-6971.
- Olsen, S. R., Watanabe, F. S., Cosper, H. R., Larson, W. E., and Nelson, L. B. 1954. Residual phosphorus availability in long-time rotations on calcareous soils. *Soil Science*, 78(2), 141-152.
- Olsen, S. R. and Dean, L. A. 1965. Phosphorus pp1035-1049. *Methods of Soil Analysis*.
- Özbey B.G., Ozdeniz E., Bolukbasi A., Oktem M., Keleş Y. and Kurt L. 2017. The Role of Free Proline and Soluble Carbohydrates in Serpentine Stress on Some Serpentinophyte and Serpentinovag Plants. *Acta Biologica Turcica*. 30 (4) 146-151.

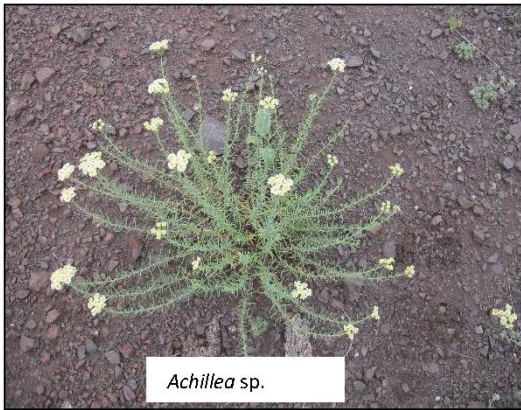
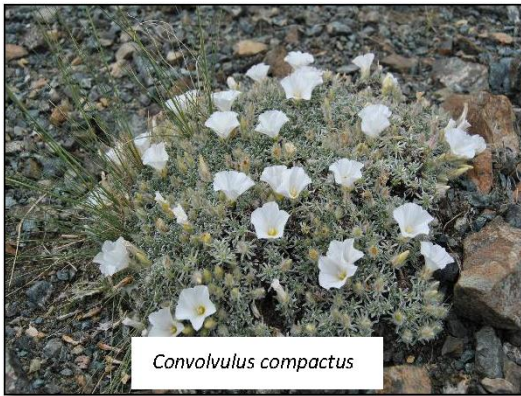
- Özdeniz E ., Özbey B.G., Kurt L. ve Bölükbaşı A. Serpantin Ekolojisi ve Türkiye Serpantin Florası'na Katkıları. 2017. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 5 (1) 22–33.
- Öztürk, M.A. ve Seçmen, Ö.1991. Bitki Ekolojisi Ders Kitabı. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü ABD
- Palacio, S., Escudero, A., Montserrat-Martí, G., Maestro, M., Milla, R. and Albert, M. J. (2007). Plants living on gypsum: beyond the specialist model. *Annals of botany*, 99(2), 333-343.
- Palacio-López, Beckage, K.,B. Scheiner S. and Molofsky. J. 2015. The ubiquity of phenotypic plasticity in plants: a synthesis. *Ecology and Evolution* 5: 3389–3400.
- Pichi-Sermolli, R. 1948. Flora e vegetazione delle serpentine e delle alter ofioliti dell'alta valle del Tevere (Toscana). *Webbia* 6:1-380
- Porter, Stephanie S. 2013. Adaptive divergence in seed color camouflage in contrasting soil environments. *New Phytologist* 197.4: 1311–1320.
- Pratt PF 1965. *Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, ed: Black C.A. American Society of Agronomy, Publisher Agronomy Series, No:9. Madison, Wisconsin, USA, pp: 207-210.
- Proctor, John, and Stanley R.J. Woodell. 1975. The ecology of serpentine soils. *Advances in Ecological Research* 9:255–366. 42
- Pueyo, Y., Alados, C. L., Maestro, M. and Komac, B. 2007. Gypsophile vegetation patterns under a range of soil properties induced by topographical position. *Plant Ecology*, 189(2), 301-311.
- Rajakaruna N, and J. Whitton. 2004. Trends in the evolution of edaphic specialists with an example of parallel evolution in the *Lasthenia californica* complex. Pp. 103–110. In: Q. C. B. Cronk, J. Whitton, R. Ree & I. E. P. Taylor (eds.), *Plant adaptation: molecular genetics and ecology*. NRC Research Press, Ottawa
- Rajakaruna, N. 2018. Lessons on evolution from the study of edaphic specialization. *The Botanical Review*, 84(1), 39-78.
- Rajakaruna, N. 2004. The edaphic factor in the origin of plant species. *Int. Geol. Rev.* 46: 471–478.
- Rajakaruna, N. and Boyd, R.S. 2014. *Serpentine Soils*. In: *Oxford Bibliographies in Ecology*. Ed. David Gibson. New York: Oxford University Press

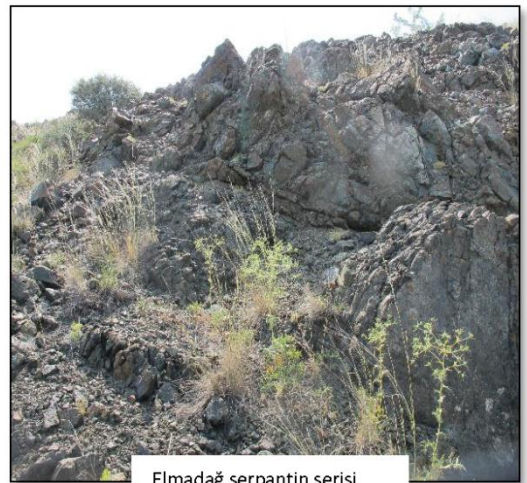
- Rajakaruna, N., Boyd, R. S., and Harris, T. B. 2014. *Plant ecology and evolution in harsh environments*. Nova Science Publishers, Incorporated.
- Rajakaruna, Nishanta, Kerry Knudsen, Alan M. Fryday, et al. 2012. Investigation of the importance of rock chemistry for saxicolous lichen communities of the New Idria serpentinite mass, San Benito County, California, USA. *Lichenologist* 44.5: 695–714.
- Rascio, Nicoletta, and Flavia Navari-Izzo. 2011. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science* 180.2: 169–181.
- Raven, P.H., and Axelrod, D.I. 1978. *Origin and relationships of the California flora* (Vol. 72). Univ of California Press.
- Reeves, RD., Baker, AJM., Borhidi, A. and Berazaín, R. 1999. Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. *Annals of Botany* 83: 29-38.
- Reeves, RD., Kruckeberg, AR, Adıgüzel, N. and Krämer, U. 2001. Studies on the flora of serpentine and other metalliferous areas of western Turkey. *South African Journal of Sciences* 97: 513-517.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U.S. Dept. of Agr. Handbook No. 60, USA.
- Ritter-Studni'ka H. 1968. Die serpentinomorphosen der flora bosniens. *Bot. Jahrb.* 88: 443-65
- Roberts, Bruce A. and John Proctor, eds. 1992. The ecology of areas with serpentinized rocks: A world view. *Geobotany* 17. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Robinson, B., Brooks, R., Kirkman, J., Gregg, P. and Alvarez, H. 1997. Edaphic influences on a New Zealand Ultramafic (serpentine) flora: a statistical approach. *Plant and Soil* 188:11-20.
- Rune O. 1953. Plant life on serpentines and re- lated rocks in the north of Sweden. *Acta Phy- togeogr Suec.* 31:1-139
- Schechter, Shannon P. and Thomas D. Bruns. 2008. Serpentine and non-serpentine ecotypes of *Collinsia sparsiflora* associate with distinct arbuscular mycorrhizal fungal assemblages. *Molecular Ecology* 17.13: 3198–3210.
- Schluter D. 2001. Ecology and the origin of species. *Trends Ecol. Evol.* 16:372-80 43

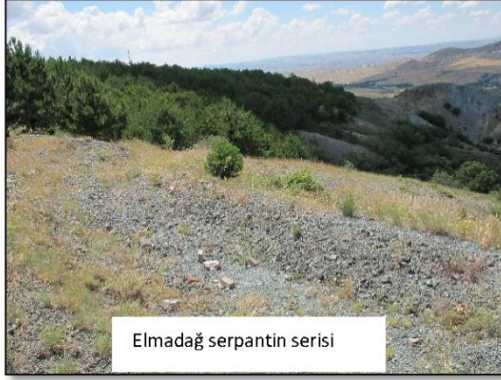
- Schmickl, R. and Koch. M.A. 2011. Arabidopsis hybrid speciation processes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108: 14192–14197.
- Schwarz, O. 1936. Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebietes. Rep. Spec. Nov. Regni. Veg., Sonderbeihft D, I(1-5): II(1-4). (Herausg.F.Fedde, Berlin)
- Seçmen, Ö. 1996. Türkiye Florası, Ege Üniv. Fen Fakültesi Teksirler serisi No: 120
- Seferoğlu, S., Kaptan M, Yorulmaz A., Sümer R. ve Küçük S. 2010. Toprak, Bitki ve Su
- Springer, Yuri P. 2009. Do extreme environments provide a refuge from pathogens? A phylogenetic test using serpentine flax. American Journal of Botany 96.11: 2010–2021.
- Stevens, G.C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. American naturalist 133: 240-256
- Taban, S., Güneş, A., Alpaslan, M. ve Özcan, H. (1999). Değişik mısır (*Zea Mays* L. cvs.) çeşitlerinin tuz stresine duyarlılıkları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 625-633.
- Taban, S. 2005. Bitki Analiz Yöntemleri ve Toprakta Verimlilik Analizlerinde Kullanılan Yöntemler, Ders Notu.
- Takhtajan, A. 1986. Floristic regions of the world. *Berkeley, etc.:(Transl. by TJ Crovello.) Univ. Calif. Press, 581, 1.*
- Takai, Ken, Craig L. Moyer, Masayuki Miyazaki, et al. 2005. *Marinobacter alkaliphilus* sp. nov., a novel alkaliphilic bacterium isolated from subseafloor alkaline serpentine mud from Ocean Drilling Program Site 1200 at South Chamorro Seamount, Mariana Forearc. *Extremophiles* 9.1: 17–27.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü CBS Birimi.
- Terzi, H. ve Yıldız, M. 2011. Ağır Metaller ve Fitoremediasyon: Fizyolojik ve Moleküler Mekanizmalar. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.
- Turesson, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas*, 3(3), 211-350
- Turner, Thomas L., Elizabeth C. Bourne, Eric J. Von Wettberg, Tina T. Hu, and Sergey V. Nuzhdin. 2010. Population resequencing reveals local adaptation of *Arabidopsis lyrata* to serpentine soils. *Nature Genetics* 42.3: 260–263

- Ülgen, N. ve N. Yurtsever, 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın No:28, Ankara.
- Via, S. 2009. Natural selection in action during speciation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106: 9939–9946.
- Vlams J, Jenny H. 1948. Calcium deficiency in serpentine soils as revealed by absorbent technique. Science 107:549-51
- Vlams J. 1949. Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcium saturation of soil. Soil Sci. 67:453-66
- Vural M, Yaman M, Şahin B (2007) Büyükhemit Deresi ve Civarının (Delice-Kırıkkale) Vejetasyonu., Ekoloji Derg. 16, 64, 53-62.
- Yurdakulol, E., Aydoğdu, M. ve Çetin B. 1990. Kırıkkale-Kalecik-Kırşehir arası step vejetasyonunun bitki sosyolojisi yönünden araştırılması, Doğa-Tr. J. of Botany, 14, 215-234.
- Walker, RB., Walker, HM. and Ashworth, PR. 1955. Calcium-magnesium nutrition with special reference to serpentine soils. Plant Physiol. 30:214-21
- Walker, RB. 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. II. Factors affecting plant growth on serpentine soils. Ecology 35:259-66
- Walker, R.B. 1948. Molybdenum deficiency in serpentine barren soils. Science, 108(2809), 473-475.
- Walkley, A. and Black, T.A. 1962. In Soil Chemical Analysis, Edited by Jackson, ML.
- Wallace AR. 1858. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. J. Proc. Linn. Soc. Zool. 3:53-62
- Wallace DR. 1983. The Klamath Knot: Explorations of Myth and Evolution. San Francisco: Sierra Club Books. 149 pp
- Whittaker RH. 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. I. Introduction. Ecology 35:258-59.
- Wu, Carrie A., David B. Lowry, Arielle M. Cooley, Kevin M. Wright, Young W. Lee, and John H. Willis. 2008. Mimulus is an emerging model system for the integration of ecological and genomic studies. Heredity 100.2: 220–230.

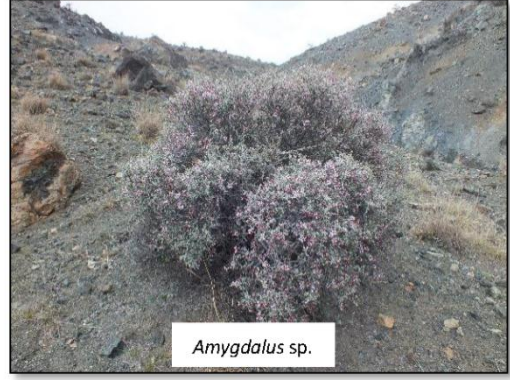
EK 1 Çalışma alanından bitki ve arazi fotoğrafları







Elmadag serpentinit serisi



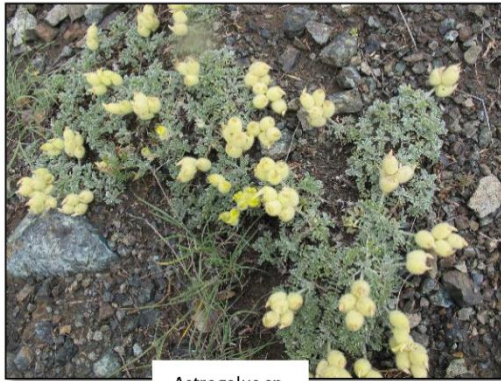
Amygdalus sp.



Alyssum sp.



Elmadag serpentinit serisi



Astragalus sp.



Elmadag serpentinit serisi



Elmadag serpentinit serisi



Minuartia sp. ve *Fumana* sp.



Elmadağ serpantin serisi



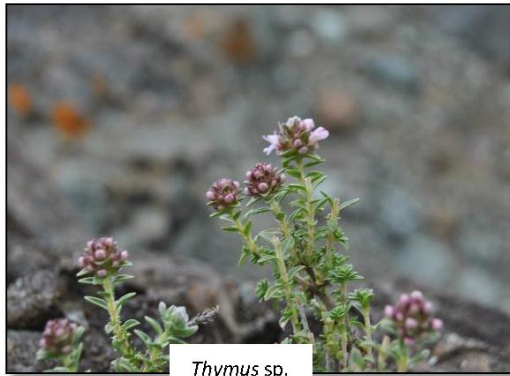
Elmadağ serpantin serisi



Elmadağ serpantin serisi



Elmadağ serpantin serisi



Thymus sp.



Elmadağ serpantin serisi



Elmadağ serpantin serisi



Elmadağ serpantin serisi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Beste Gizem ÖZBEY
Doğum Yeri : Salihli- Manisa
Doğum Tarihi : 01.01.1988
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İçel Mehmet Adnan Özçelik Anadolu Lisesi (2005)
Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2011)
Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D (2014)

Çalıştığı Kurum ve Yıl

Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2011-)

SCI, SCI-E indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

- Aka Sağlıker, H., Cenkseven,S., Kizildag, N., Kocak, B., Özdeniz, E., **Ozbey, B.G.**, Bölükbaşı, A., Kurt, L. 2018. Is The Parent Material An Important Factor In Soil Carbon And Nitrogen Mineralization? European Journal of Soil Biology 89:45-50.
- Geven F., Ozdeniz E., Kurt L., Bolukbasi A., **Ozbey B.G.**, Ozcan A.U. and Turan U. 2016. Habitat classification and evaluation of the Köyceğiz-Dalyan Special Protected Area (Mugla/Turkey). Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali, 27(3): 509-519.
- Kurt L., Ketenoğlu AO., Akman Y., Özdeniz E., Şekerciler F., Bölükbaşı A. and **Özbey B.G.** 2015. Syntaxonomic analysis of the preforest and forest vegetation in the

thermo and eumediterranean zone around Antalya Gulf, Turkey. Turkish Journal of Botany, 39(3): 487-498.

Ulusal ve Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

- **Özbey B.G.**, Ozdeniz E., Bolukbasi A., Oktem M., Keleş Y. and Kurt L. 2017. The Role of Free Proline and Soluble Carbonhydrates in Serpentine Stress on Some Serpetinophyte and Serpentinovag Plants. Acta Biologica Turcica. 30 (4) 146-151.
- **Özbey B.G.**, Geven F., Güney K., Bölükbaşı A., Günday B. 2017. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Hava Kalite Analizi (Mayıs 2016-2017). Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi. 5 (2), 50-64, 2017.
- Özdeniz E, **Özbey B.G.**, Kurt L., Bölükbaşı A. 2017. Serpantin Ekolojisi ve Türkiye'nin Serpantin Florası'na Katkıları. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 5 (1): 22-33.
- Özdeniz E., Bölükbaşı A., Kurt L., **Özbey B.G.** 2016. Jipsofil Bitkilerin Ekolojisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 4(2): 57-62.
- **Özbey B.G.**, Kurt L., Bölükbaşı A., Özdeniz E. and Özcan A.U. 2015. Ereğli Sazlıkları'nın Floristik Çeşitlilik ve Bitki Dinamizmi Açısından Araştırılması (Ereğli/KONYA), 2015, Kastamonu Üniv., Orman Fakültesi Dergisi, 15(1): 49-57.
- Kurt L., Bolukbasi A., Ozdeniz E. and **Ozbey BG.** 2013. Analysis of Floristic Diversity and Plant Dynamism at Meke Maar Wetland (Karapınar/Konya/Turkey). Journal of Selcuk University Natural and Applied Science. ICOEST Conf. 2013 (Special Issue-2), 47-59.
- Kurt L., **Özbey BG.**, Kurt F., Özdeniz E. and Bölükbaşı A. 2013. Serpentine Flora of Turkey. Biological Diversity and Conservation, 6(1): 134-152.

Projeler

- GYPWORLD' A global initiative to understand gypsum ecosystem ecology/HORİZON 2020 'Marie Skłodowska Curie Actions Rise'/Araştırmacı/2017-devam ediyor.
- Promoting research on gypsum ecology in Iran and Turkey/Convocatoria "I-COOP+" 2016 Memoria Científica Modalidad B Project CSIC/Araştırmacı/2016-2018.
- Ankara Elmadağ Serpantin Serisinde Serpantinikol Endemizmin Ekolojik Uyum Mekanizmalarının Araştırılması, Ankara Üniversitesi BAP, Doktora Tez Projesi, 2018-devam ediyor.
- Ankara İli Flora (Damarlı Bitkiler), Fauna (Kuşlar, Memeliler, Çift Yaşarlar, Sürüngenler, İç Su Balıkları) ve Habitat/Ekosistem İzleme İş Projesi/ TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara IX. Bölge Müdürlüğü/ Araştırmacı/2017.
- Serpantinofit ve Serpantinovagların Ekolojik Uyum Mekanizmalarının Ortaya Konulması/Ankara Üniv. BAP Altyapı Projesi/Araştırmacı/ 2015-2017.
- Ankara İli Flora (Damarlı Bitkiler), Fauna (Kuşlar, Memeliler, Çift Yaşarlar, Sürüngenler, İç Su Balıkları) ve Habitat/Ekosistem İzleme İş Projesi/ TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara IX. Bölge Müdürlüğü/ Araştırmacı/2016.
- Alyssum ve Centaurea Cinslerinin Bazı Türlerinde Serpantin Stresine Uyum Stratejilerinin Araştırılması/Ankara Üniv. BAP Hızlı Destek Projesi/Araştırmacı/2014-2015.

- Kadmiyum ve Çinkonun *Capsicum annuum* L. (Biber)'un Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreleri Üzerine Etkisi. TÜBİTAK 2209 (Üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı)/ Proje Yürütücüsü/2009-2010.

Kitap Bölümleri

- Kurt L., **Özbey B.G.**, Bölükbaşı A., Özdeniz E. 2014. Bölüm: Biyoçeşitlilik. Sosyal Çevre Bilimleri (H. Reyhan, A. Mutlu, H., H. Doğan, A.S. Reyhan Editörlüğünde). Siyasal Kitabevi, ISBN: 9786054627844, Eylül 2014, 1. Baskı, 534 sf, Ankara.

- Kurt L., Özdeniz E., Bölükbaşı A., **Özbey B.G.** 2016. Bölüm: Antroposen Çağ'da Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'nin Biyoçeşitliliğine Etkileri. Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri (Somuncu, M. Editörlüğünde), Türkiye Çevre Vakfı Yayını No:191/ 257-284, ISBN: 978-605-9362-00-9, 287 sf, Nisan 2016, 1. Baskı, Ankara.

Diğer Yayınlar

- Kurt, L., Özdeniz, E., **Özbey, B.**, Bölükbaşı, A. 2018 (Mayıs). Türkiye'nin Biyolojik Hazinesi. TÜBİTAK Bilim Genç Dergisi.
- Kurt, L., Özdeniz, E., **Özbey, B.**, Bölükbaşı, A. 2018 (Mayıs). Ankara'ya Özgü Bitkilerle Tanışalım. TÜBİTAK Bilim Genç Dergisi.
- Kurt, L., Özdeniz, E., Bölükbaşı, A., **Özbey, B.** 2018 (Aralık). Geleceğimizin Teminatı Ormanlar. TÜBİTAK Bilim Genç Dergisi.

Uluslararası Kongreler

- Kurt, L., Özdeniz, E., **Özbey, B.G.**, Bölükbaşı, A. Gypsicole flora of Turkey. 1st Gypsum Ecosystem Research Conference- Gypsum Ecosystems as Biodiversity Hotspots, 3-9 June 2018, Ankara/Turkey. (sözlü sunum)
- Kurt, L., Bölükbaşı, A., Özdeniz, E., **Özbey, B.G.**, Körüklü, S.T. Conservation biology of an endangered gypsophyte species: *Astragalus beypazaricus* Podlech ve Aytaç. 1st Gypsum Ecosystem Research Conference- Gypsum Ecosystems as Biodiversity Hotspots, 3-9 June 2018, Ankara/Turkey. (poster)
- Kurt, L., **Özbey, B.G.**, Bölükbaşı, A., Özdeniz, E., Körüklü, S.T. A preliminary study on in-situ conservation measures for environmental factors causing population rehabilitation and fluctuation of endangered gypsocline species: *Aethionema turcica* H.Duman ve Aytaç. 1st Gypsum Ecosystem Research Conference- Gypsum Ecosystems as Biodiversity Hotspots, 3-9 June 2018, Ankara/Turkey. (poster)
- Kurt, L., Bölükbaşı, A., Özdeniz, E., **Özbey, B.G.** Investigation of the availability of gypsophyte and gypsovag in monitoring the pollution caused by Çayırhan Thermal Power Plant. 1st Gypsum Ecosystem Research Conference- Gypsum Ecosystems as Biodiversity Hotspots, 3-9 June 2018, Ankara/Turkey. (poster)
- Kurt, L., Özdeniz, E., **Özbey, B.G.**, Bölükbaşı, A., Körüklü, S.T. Population dynamics of endangered gypsophyte species: *Verbascum gypsicola* Vural ve Aydoğdu. 1st Gypsum Ecosystem Research Conference- Gypsum Ecosystems as Biodiversity Hotspots, 3-9 June 2018, Ankara/Turkey. (poster)
- **Özbey B.G.**, Kurt F., Ozdeniz E. and Kayabas A. Türkiye Serpantin Florası Üzerine Gözlemler. Uluslararası I. Kırgızistan Biyoloji Kongresi, 24-26 Eylül 2012, Bişkek. (sözlü sunum)

- Kurt L., Bolukbasi A., Ozdeniz E. and **Ozbey B.G.** Analysis of Floristic Diversity and Plant Dynamism at Meke Maar Wetland (Karapınar/Konya/Turkey). Journal of Selcuk University Natural and Applied Science. ICOEST Conf. 2013 (Special Issue - 2), 37-46. (sözlü sunum)
- Kurt L., Bölükbaşı A., **Özbey B.G.**, Özdeniz E., Bolukbasi E. Gypsicole Vegetation of Turkey. Gypnet Network Meetings. 16-18 March 2016. Aranjuez, Madrid, Spain. (sözlü sunum)
- Kurt L., **Ozbey B.G.**, Ozdeniz E., Bolukbasi A. Contributions to the Serpentine Flora of Turkey. 4-9 June 2017, Tiran-Albania. (sözlü sunum)
- Geven F., Akdağ E., Güney K., **Ozbey B.G.** 2017. “ Analysis of Greenhouse Gas Emission Values of Ankara Province (March 2017)”. Ankara Üniversitesi 5. Çevre Günleri Uluslararası “İnsanların Doğayla Kenetlenmesi-Kentte ve Doğal Alanda, Kutuplardan Ekvatora” Sempozyumu, 8-9 Haziran 2017, Ankara. (Sözlü Sunum)

Ulusal Kongreler

- Kurt, L., **Ozbey, B.G.** “ Korunan Alanlarda Biyoçeşitliliğin Önemi” T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü Korunan Alanlarda Yapılan Çalışmalar ve Uygulamalar Konulu Eğitim Programı, 10-12 Nisan 2014, Afyon. (Sözlü Sunum)
- Kurt L., Ozdeniz E., Kayabas A., **Ozbey B.G.** Tuz Gölü'nün Floristik Önemi. Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, 22-23 Mayıs 2012, Ankara. (sözlü sunum)
- Kurt L., Ozdeniz E., Kayabas A., **Ozbey B.G.** Bozkır Ekosistemleri. Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, 22-23 Mayıs 2012, Ankara. (sözlü sunum)
- Kahyaoğlu, G., **Özbey, B.G.**, Tuğ, G.N. 2013. “Dev küre ısınıyor”. Ankara Üniversitesi Biyoloji Sergisi, Nisan 2013, Ankara. (Poster)

Yurtdışı Araştırma ve Uygulama Deneyim

- Wageningen University (Hollanda), Biyoçeşitlilik Merkezi, 15.08.2013-15.09.2013.
- Instituto Pirenaico de Ecología CSIC (İspanya), Ekoloji Enstitüsü 25.11.2017-05.12.2017.
- Universidad National de La Pampa (Arjantin), Biyoloji Bölümü, 08.11.2018-08.12.2018.

