

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ÇİMENTO FABRİKASI ETRAFINDA YETİŞEN BİTKİLERDE
BAZI STRATEJİK HAMMADDELERİN BELİRLENMESİ**

Harun HARMANŞAH

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Murat TOPAL

TUNCELİ-2022

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ÇİMENTO FABRİKASI ETRAFINDA YETİŞEN BİTKİLERDE
BAZI STRATEJİK HAMMADDELERİN BELİRLENMESİ**

Harun HARMANŞAH
(200020005)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Murat TOPAL

TUNCELİ-2022

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ÇİMENTO FABRİKASI ETRAFINDA YETİŞEN BİTKİLERDE
BAZI STRATEJİK HAMMADDELERİN BELİRLENMESİ**

**Harun HARMANŞAH
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 26/05/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Murat TOPAL
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

Doç.Dr.E.İşıl ARSLAN TOPAL
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

Doç.Dr.Mehmet Yavuz PAKSOY
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB021-05

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Harun HARMANŞAH

Danışman
Doç. Dr. Murat TOPAL

TEŞEKKÜR

Hayatımın her alanında bana destek olan, aldığım bütün kararlarda arkamda duran, yol gösteren, tecrübelerini her daim bana aktaran, tahsil ve yaşam tecrübesi arasındaki ince çizgiyi her daim bizlere hatırlatan, hayata dair duruşu ve çizgisi olan, toplumda her daim saygınlığını korumuş ve neşesini yitirmemiş, ağaçlara ve toprağa olan sevgisine her daim şahit olduğum, değerlerini korumuş ve bunları da sevdiklerine en güzel şekilde aktarmış, yaptığım yanlışlarda bana yol göstermiş, hatalarımı görmeme vesile olmuş ve kelimelere sığmayacak sevgisini, emeğini paylaşan, hayata dair birçok bilgi ve tecrübeyi öğrendiğim, yokluğunu her daim hissettiğim ve aramızdan erken vakitte ayrılan sevgili babam Osman HARMANŞAH'a ithafen yüksek lisans tez çalışmamı yazdım. Başta ebediyete uğurladığım babam olmak üzere aileme ve çalışma arkadaşlarıma verdikleri destekten ötürü teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimime tekrar başlamama vesile olan, yüksek lisans derslerimdeki çalışmalarımın başlayarak tez çalışması konumun seçilmesinde, çalışma kapsamındaki numunelerin değerlendirilmesi, analizlerin yürütülmesinde, hazırlanmasında ve sonuçlandırılmasında gece gündüz demeden her zaman ilgi ve desteğini veren, büyük emeği olan, her daim anlayış ve sabır gösteren, değerli öneri ve eleştirileriyle beni yönlendiren ve fikirlerine her daim önem verdiğim Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Murat TOPAL'a teşekkür ederim. Her daim desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. E. Işıl ARSLAN TOPAL ve Dr. Öğr. Üyesi Erdal ÖBEK hocalarıma da teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasını YLMUB021-05 nolu projeyle destekleyen Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Harun HARMANŞAH
TUNCELİ - 2022

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BELGESİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLOLAR LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT.	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çimento Üretimi.....	2
1.2. Çimento Üretiminin Çevresel Etkileri.....	3
1.3. Stratejik Hammaddeler.....	6
1.3.1. Kobalt (Co).....	8
1.3.2. Stronsiyum	9
1.3.3. Antimon (Sb).....	10
1.3.4. Fosfor (P).....	11
1.3.5. Lantan (La).....	12
1.3.6. Magnezyum (Mg).....	13
2. MATERYAL VE METOT.....	15
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
3.1. Bitkilerdeki Kobalt (Co) Konsantrasyonları.....	17
3.2. Bitkilerdeki Stronsiyum (Sr) Konsantrasyonlar.....	21
3.3. Bitkilerdeki Antimon (Sb) Konsantrasyonları.....	25
3.4. Bitkilerdeki Fosfor (P) Konsantrasyonları.....	29
3.5. Bitkilerdeki Lantan (La) Konsantrasyonları.....	33
3.6. Bitkilerdeki Magnezyum (Mg) Konsantrasyonları.....	37
3.7. Bitki Türlerinde Stratejik Hammadde Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	41
3.7.1. Kobalt (Co) konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	41
3.7.2. Stronsiyum (Sr) konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	42
3.7.3. Antimon (Sb) konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	43
3.7.4. Fosfor (P) konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	44
3.7.5. Lantan (La) konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	45
3.7.6. Magnezyum (Mg) konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	46
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
5. KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çimento üretiminin etkisine ilişkin özet diyagram.....	6
Şekil 1.2. Avrupa Birliğine göre stratejik hammaddelerin dünya çapında üretimi.....	8
Şekil 1.3. Bitki tarafından stronsiyum alımı.....	10
Şekil 2.1. Örneklerin toplanması.....	15
Şekil 2.2. Örneklerin analize hazırlanması	16
Şekil 3.1. Nar bitkisinde kobalt konsantrasyonları.....	17
Şekil 3.2. Badem bitkisinde kobalt konsantrasyonları.....	18
Şekil 3.3. Dut bitkisinde kobalt konsantrasyonları.....	18
Şekil 3.4. Çam bitkisinde kobalt konsantrasyonları.....	19
Şekil 3.5. Üzüm bitkisinde kobalt konsantrasyonları.....	20
Şekil 3.6. Buğday bitkisinde kobalt konsantrasyonları.....	20
Şekil 3.7. Nar bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları.....	21
Şekil 3.8. Badem bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları.....	22
Şekil 3.9. Dut bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları.....	22
Şekil 3.10. Çam bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları.....	23
Şekil 3.11. Üzüm bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları.....	24
Şekil 3.12. Buğday bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları.....	24
Şekil 3.13. Nar bitkisinde antimon konsantrasyonları.....	25
Şekil 3.14. Badem bitkisinde antimon konsantrasyonları.....	26
Şekil 3.15. Dut bitkisinde antimon konsantrasyonları.....	26
Şekil 3.16. Çam bitkisinde antimon konsantrasyonları.....	27
Şekil 3.17. Üzüm bitkisinde antimon konsantrasyonları.....	28
Şekil 3.18. Buğday bitkisinde antimon konsantrasyonları.....	28
Şekil 3.19. Nar bitkisinde fosfor konsantrasyonları.....	29
Şekil 3.20. Badem bitkisinde fosfor konsantrasyonları.....	30
Şekil 3.21. Dut bitkisinde fosfor konsantrasyonları.....	30
Şekil 3.22. Çam bitkisinde fosfor konsantrasyonları.....	31
Şekil 3.23. Üzüm bitkisinde fosfor konsantrasyonları.....	32
Şekil 3.24. Buğday bitkisinde fosfor konsantrasyonları.....	32
Şekil 3.25. Nar bitkisinde lantan konsantrasyonları.....	33
Şekil 3.26. Badem bitkisinde lantan konsantrasyonları.....	34
Şekil 3.27. Dut bitkisinde lantan konsantrasyonları.....	34
Şekil 3.28. Çam bitkisinde lantan konsantrasyonları.....	35
Şekil 3.29. Üzüm bitkisinde lantan konsantrasyonları.....	36
Şekil 3.30. Buğday bitkisinde lantan konsantrasyonları.....	36
Şekil 3.31. Nar bitkisinde magnezyum konsantrasyonları.....	37
Şekil 3.32. Badem bitkisinde magnezyum konsantrasyonları.....	38
Şekil 3.33. Dut bitkisinde magnezyum konsantrasyonları.....	38
Şekil 3.34. Çam bitkisinde magnezyum konsantrasyonları.....	39
Şekil 3.35. Üzüm bitkisinde magnezyum konsantrasyonları.....	40
Şekil 3.36. Buğday bitkisinde magnezyum konsantrasyonları.....	40
Şekil 3.37. Bitki türlerinde kobalt konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	41
Şekil 3.38. Bitki türlerinde stronsiyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	42
Şekil 3.39. Bitki türlerinde antimon konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	43
Şekil 3.40. Bitki türlerinde fosfat konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	44
Şekil 3.41. Bitki türlerinde lantan konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	45
Şekil 3.42. Bitki türlerinde magnezyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	46

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. 2020 yılı çimento üretimi.....	2
Tablo 1.2. Magnezyumun ortam sıcaklığındaki bazı fiziksel özellikleri.....	13



KISALTMALAR LİSTESİ

Co	: Kobalt
La	: Lantan
Sb	: Antimon
Sr	: Stronsiyum
Mg	: Magnezyum
P	: Fosfor



ÖZET

Bu tez çalışmasının ana amacı, çimento fabrikası etrafında yetişen bazı bitki türlerinde bazı stratejik hammaddelerin konsantrasyonlarının belirlenmesidir. Bu amaçla, çimento fabrikası etrafında yetişen badem, buğday, dut, nar, çam ve üzüm bitkileri hasatlandı ve stratejik hammaddelerden kobalt (Co), stronsiyum (Sr), antimon (Sb), fosfor (P), lantan (La) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları tespit edildi. Elde edilen verilere göre yaprak kısmında en yüksek kobalt konsantrasyonu çam bitkisinde 0,43 mg/kg olarak, en yüksek stronsiyum konsantrasyonu üzüm bitkisinde 209,4 mg/kg olarak, en yüksek antimon konsantrasyonu çam bitkisinde 0,09 mg/kg olarak, en yüksek fosfor konsantrasyonu buğday bitkisinde 2990 mg/kg olarak, en yüksek lantan konsantrasyonu çam bitkisinde 0,31 mg/kg olarak ve en yüksek magnezyum konsantrasyonu dut bitkisinde 4790 mg/kg olarak belirlendi. Yaprak kısmında tespit edilen kobalt konsantrasyonları Çam > Badem > Üzüm > Dut > Buğday > Nar şeklinde; stronsiyum konsantrasyonları Üzüm > Dut > Çam > Badem > Nar > Buğday şeklinde; antimon konsantrasyonları Çam > Üzüm > Buğday = Nar = Badem = Dut şeklinde; fosfor konsantrasyonları Buğday > Dut > Badem > Üzüm > Nar > Çam şeklinde; lantan konsantrasyonları Çam > Üzüm > Badem > Dut > Buğday > Nar şeklinde ve magnezyum konsantrasyonları Dut > Badem > Üzüm > Nar > Çam > Buğday şeklinde sıralandı.

Anahtar kelimeler: Bitki, çimento, konsantrasyon, stratejik hammadde

ABSTRACT

Determination of Some Strategic Raw Materials in Plants Growing Around the Cement Factory

The main purpose of this thesis is to determine the concentrations of some strategic raw materials in some plant species grown around the cement factory. For this purpose, almond, wheat, mulberry, pomegranate, pine and grape plants grown around the cement factory were harvested and strategic raw materials such as cobalt (Co), strontium (Sr), antimony (Sb), phosphorus (P), lanthanum (La) and magnesium (Mg) concentrations were determined. According to the data obtained, the highest cobalt concentration in the leaf part was 0.43 mg/kg in the pine plant, the highest strontium concentration was 209.4 mg/kg in the grape plant, the highest antimony concentration was 0.09 mg/kg in the pine plant. Phosphorus concentration was determined as 2990 mg/kg in wheat plant, the highest lanthanum concentration was 0.31 mg/kg in pine plant and the highest magnesium concentration was 4790 mg/kg in mulberry plant. Cobalt concentrations detected in the leaf part were Pine > Almond > Grape > Mulberry > Wheat > Pomegranate; strontium concentrations were Grape > Mulberry > Pine > Almond > Pomegranate > Wheat; antimony concentrations were Pine > Grape > Wheat = Pomegranate = Almond = Mulberry; phosphorus concentrations were Wheat > Mulberry > Almond > Grape > Pomegranate > Pine; lanthanum concentrations were listed as Pine > Grape > Almond > Mulberry > Wheat > Pomegranate and magnesium concentrations were Mulberry > Almond > Grape > Pomegranate > Pine > Wheat.

Key words: Plant, cement, concentration, strategical raw material

1. GİRİŞ

Hammadde ve doğal kaynak arayışı sadece günümüzde değil, geçmiş zamanlarda da stratejik öneme sahip olmuştur. Hammaddeler, yeni iş olanakları ve istihdam sağlamak için Avrupa ekonomisinin temelini oluşturur ve yaşam kalitesini artırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için oldukça önemlidir. Stratejik hammaddeler, ülkelerin endüstriyel alanlarda gelişmesine ve ekonomik açıdan büyümelerine de katkı sağlamaktadır. Hammaddelerin güvenilir, sürdürülebilir ve bozulmamış erişimi ile bunların ekonomideki döngüsel kullanımları Avrupa Birliği içinde ve küresel olarak artan bir endişedir. Son yıllarda çıkarılan ve kullanılan hammaddelerin miktarlarında oldukça fazla artış görülmektedir (Krausmann ve ark., 2009). Tek bir üründe kullanılan hammaddelerin sayısında da önemli ölçüde artış söz konusudur (Greenfield ve Graedel, 2013). Teknolojik değişimle (düşük karbon enerjisi ve taşıma sistemleri, modern savunma ve iletişim sistemi vb. gibi) birlikte gelen küresel ekonomik gelişmeler gelecekte hammadde miktarı ihtiyacına olan talebi de artıracaktır (Blagoeva ve ark., 2016). Hammaddelerin tümü önemli olmasına rağmen, bazı hammadde kaynakları açıkça diğerlerinden daha fazla endişe vericidir. Avrupa Birliği tarafından hangi hammaddelerin stratejik veya kritik olduğuna dair listeler yayınlanmıştır. Söz konusu listeler üç yılda bir güncellenmektedir. Stratejik hammaddeleri şu şekilde sıralayabiliriz; Antimon, bari, berilyum, bizmut, borat, kobalt, koklaşabilir taş kömürü, kalsiyum florit, hafniyum, ağır nadir toprak elementleri, hafif nadir toprak elementleri, indiyum, magnezyum, doğal grafit, doğal kauçuk, niobiyum, fosfor, skandiyum, silikon metal, tantal, tungsten, vanadyum, bauksit ve lantandır. Görüldüğü gibi stratejik hammaddelerin gelecek yıllarda tedarik edilme, sürdürülebilirlik ve kullanımı gibi konularda sorunlar çıkacağı muhtemeldir. Bu çerçevede, stratejik hammaddelerin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, Adıyaman ilinde bulunan bir çimento fabrikası etrafında yetişen bazı bitki türlerinde (badem, buğday, dut, nar, çam ve üzüm) stratejik hammaddelerden kobalt (Co), stronsiyum (Sr), antimon (Sb), fosfor (P), lantan (La) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları tespit edilmiştir.

1.1. Çimento Üretimi

Beton, diğer malzemelerle karşılaştırıldığında benzersiz avantajları nedeniyle dünyadaki tüm yapı malzemeleri arasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bamigboye ve ark., 2018). Bunun ana nedeni, betonun mükemmel mekanik özelliğe sahip olması ve ekonomik olmasıdır (Mehta ve Monteiro, 2006; Andrew, 2018; Cao ve ark., 2019; He ve ark., 2019). Aynı zamanda, betonlar çeşitli boyut ve formlarda tasarlanabilme özelliğine sahiptir (Farahani ve ark., 2017). Dünya çapında her yıl yaklaşık 6 milyar ton betonun üretileceği tahmin edilmektedir (Mymrin ve ark., 2018). Yüke dayanma kabiliyetine sahip betonda katı malzemenin oluşmasına katkı sağlayan ve tek bağlayıcı olarak kullanılan çimentonun hayati rolü kaçınılmazdır. Sıradan Portland çimentosu 200 yıldan fazla bir sürede inşaat beton malzemesi olarak kullanılan önemli bir bileşendir (Ren ve ark., 2017). Dünyada en büyük beton üreticisi Çin olduğu için en yüksek çimento üretimine de Çin sahiptir (Zhao ve ark., 2020). Çin'den sonra en fazla çimento üretimi Hindistan ve Rusya'dadır. Bazı ülkelerin 2020 yılına ait çimento üretimi değerleri Tablo 1.1'de verilmiştir (URL-1, 2020).

Tablo 1.1. 2020 yılı çimento üretimi

Ülke	Üretim (Bin ton)
Çin	22,489
Hindistan	20,850
Rusya	6,060
Japonya	4,917
Pakistan	4,100
Tayland	3,243
Malezya	1,866
Polonya	1,718
Tayvan	987

Çimento arzına olan talep sürekli arttığından agrega kullanımı da sürekli olarak artmaktadır (Gonzalez-Corominas ve ark., 2016; Soltanzadeh ve ark., 2018). Portland çimentosu üretmek için bazı hammaddelerin birleştirilmesi gerekmektedir. Çimento üretmek için malzeme çıkartılmasında madenler oldukça önemlidir. Madencilik faaliyetleri açık işletme olarak gerçekleştirilmektedir.

Kalsiyum, silikon, alüminyum ve demirin yeterli miktarları tipik klinker bileşimini oluşturmak için gereklidir. Kireç ve silika, çimentonun birincil nitelikleridir, demir ise

reaksiyonun sıcaklığını düşürür ve çimentoya karakteristik gri rengini verir. Çimento üretim sürecinde kalker, silisyum ve kil hazır hale getirilir, kurutulur, ezilir, harmanlanır ve klinker üretmek için çimento fırınlarında 1200 °C - 1450 °C'ye kadar ısıtılır. Klinker adı verilen nodüler bir madde oluşur ve fırından çıkmasına izin verilir. Klinker daha sonra çimento için ana bileşen olarak kullanılır. Sıradan portland çimentosu üretmek için kireçtaşı ve alçıtaşı gibi diğer bileşenler ezilir ve karıştırılır (Huntzinger ve Eatmon, 2009). İşlem sırasında, çimento fırınlarına, kurutuculara ve ön ısıtıcılara ısı sağlamak için önemli miktarda fosil yakıt ve alternatif yakıt yakılmaktadır. Ayrıca özellikle çimento fırınları ve kırma makinelerinde çok fazla enerji tüketilmektedir. Bu nedenle, büyük miktarda çimento üretmek için çok büyük miktarda enerji tüketilir. Çimento kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte enerji tüketimi ve çevre kirliliği ile ilgili sorunlar kaçınılmazdır. Çimento üretim sürecinin ilk aşamalarından son aşamaya kadar olan süreç, başta hava kirliliği olmak üzere bazı çevresel etkilere neden olmaktadır (He ve ark., 2020).

1.2. Çimento Üretiminin Çevresel Etkileri

Toz emisyonları, çimento üretimi sırasında önemli bir çevre kirliliği kaynağıdır; örneğin, silo dışında biriktirilecek klinkerin nakliyesi, yüklenmesi ve boşaltılması sırasında toz oluşur (Zainudeen ve Jeyamathn, 2004; Gregg ve ark., 2008). Çimento üretimi yoluyla CaO oluşumu sırasında yüksek sıcaklıklarda su buharı ile CO₂ açığa çıkacaktır (IPCC, 2014). Bu, toplam endüstriyel enerji kullanımından kaynaklanan küresel CO₂ emisyonlarının %5 ila %7'sinden sorumludur ve CO₂ sera gazlarının %65'ini oluşturur (Shen ve ark., 2015; Wi ve ark., 2018; Madlool ve ark., 2011). CO₂ gerçekten de küresel ısınmaya önemli bir katkıda bulunan başlıca sera gazı emisyonlarından biridir (URL-2, 2020). Sanayi, elektrik ve ısı sektörleri ile ulaşım, küresel CO₂ emisyonlarının %84'ünden sorumludur.

Çimento üretimi, toplam endüstriyel enerji kullanımının neredeyse %12 ila %15'ini kapsamakta olup (Madlool ve ark., 2011) CO₂ emisyonlarının %5 ila %8'ini oluşturur (Shen ve ark., 2015). Küresel çimento üretimi 2017 yılında 4,1 Gt (gigaton) CO₂ miktarına neden olmuştur (URL-3, 2020). Bu kadar büyük bir miktar CO₂, antropojenik bir iklim değişikliğini kaçınılmaz hale getirebilir. Ayrıca, PM₁₀ ve PM_{2.5} gibi partikül maddeler de çimento üretimi, ekstraksiyon, paketleme ve yükleme süreçlerinden salınır (Malhotra, 2004). 2010 yılında çimento endüstrisi tarafından 136 ton NO_x, 4.833 ton SO₂, toksik dioksinler, furanlar ve PCB'ler dâhil 183 ton uçucu organik bileşikler ve 320 kg cıva salınmıştır (URL-

4, 2020). Diğer tarafta, bir ton Portland çimentosunun çıktısı yaklaşık bir ton sera gazı üretir ve her bir ton Portland çimentosu klinkeri için çevreye 1,5 ila 10 kg NO_x salınır (Malhotra, 2004). NO_x, fosil yakıt yanması, nitrik asit üretimi ve biyokütle yanması sonucu açığa çıkan güçlü bir sera gazıdır (Ulus ve ark., 2016). Ayrıca, toz ve diğer kirlenici gazların emisyonu, dünya nüfusunun sağlıklı yaşam tarzını etkileyen hava kalitesini düşürür. Örneğin, çeşitli PM boyutları; insan solunum sistemini etkiler ve özellikle işçilerde kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi sağlık sorunlarına neden olur (Cherian ve Choi., 2020). PM10 ve daha küçük boyutlu partiküller solunum yollarına nüfuz ederler (Schwatka ve ark., 2012). Uzun süreli PM maruziyeti nedeniyle Pekin'de yaklaşık 4000 erken ölümün meydana geldiği ve akciğer kanserinin %20 olduğu kaydedilmiştir (Meng ve ark., 2016). Uçucu organik bileşikler toprağı ve yeraltı suyunu kirlitebilir. Uçucu organik bileşikler büyük yapraklı bitkilerde bitki büyümesinde gecikme, kloroz ve nekroza neden olduğu tespit edilmiştir. Uçucu organik bileşikler solunum ve göz tahrişi, ateş, mide bulantısı, karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemi yaralanmaları gibi potansiyel sağlık tehlikelerine neden olabilir (Grey ve Canter, 2011).

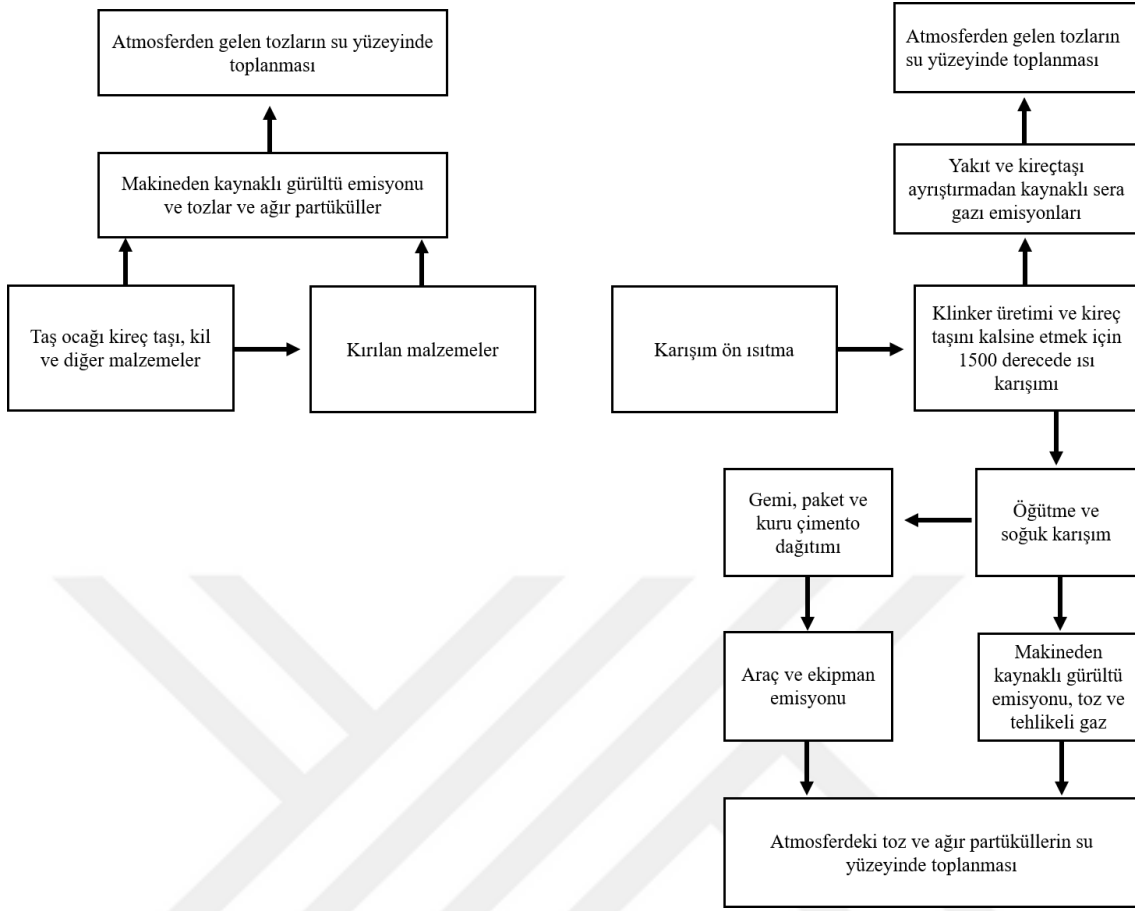
Çimento üretim süreci havanın görünürlüğünü ve kalitesini azaltabilecek toz kirliliğine neden olur. Toz tahliye edildiğinde suyu kirlitebilir ve insan sağlığı ve hatta hayvanlar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir (Ding ve ark., 2015). Çimento endüstrisinin çevre ve insan üzerindeki zararlı etkilerinin farkına varılarak, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin azaltılması için sürekli çaba sarf edilmektedir. Jadoon ve ark. (2016) göre, toz emisyonları, su, yağ veya diğer toprak stabilizasyon malzemelerinin tekrar tekrar püskürtülmesiyle azaltılabilir. Toz emisyonları, torbalı filtrelerin dikkatli bakımıyla da sınırlandırılabilir.

Atmosfere ulaşan atıksu, nehirlerden veya yeraltı su kaynaklarından gelen su kaynaklarının kirlenmesinden sorumludur. Yağlı atık suların su sisteminin sağlığı üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, yağ/su ayrımı için çeşitli süperhidrofobik malzemeler kullanılır. Şimdiye kadar, süperhidrofobik ürünlerin hazırlanması için elektrostatik montaj stratejisi (Wang ve ark., 2013), yoğunlaşma tepkisi (Kang ve ark., 2020), anotlama yaklaşımı (Yan ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2018), hidrotermal işlem (Gunatilake ve ark., 2017; Gao ve ark., 2018), plazma (Yi ve ark., 2019) gibi çok sayıda yöntem önerilmiştir. Artan nüfus, yapılaşma ve kentleşmenin olduğu bölgelerde insan faaliyetleri de toprak bozulma sorununa yol açmaktadır (Ding ve ark., 2015). Toprak bozulma sorunu erozyona yol açmakta ve erozyonla toprakların su

kaynaklarına ulaşmasına neden olmaktadır.

Gürültü emisyonları daha çok çimento üretim sürecinde ortaya çıkmaktadır. Hammaddelerin hazırlanması, klinkerin ısıtılması, malzemelerin depolanması gibi proseslerde kullanılan ağır makineler gürültü kirliliğine katkıda bulunur (Stajanca ve ark., 2012). Gürültü; işleme sürecine göre, endüstriyel gürültü, karmaşık gaz gürültüsü, elektriksel manyetik gürültü ve mekanik gürültü olarak sınıflandırılır (Gao Hongwu, 2003). Çimento fabrikalarındaki temel gürültü kaynakları; blower faaliyetinden kaynaklanan gaz dinamik gürültüsü, öğütme makineleri ve kırıcılar tarafından oluşturulan mekanik gürültüsü, elektromanyetik elektrik motorlarının neden olduğu gürültüdür. Gürültü kirliliği sadece insan işitmesini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda sinir, sindirim ve kardiyovasküler gibi insan vücudunun anatomisini ve fizyolojisini de ciddi şekilde etkilemektedir. Uzun dönemli yüksek gürültülü çimento fabrikası ortamlarına maruz kalan birey, hafıza kaybı gibi nevrasteni sendromu yaşama eğilimini artırabilir. Ayrıca, hipertansiyon, uykusuzluk, baş dönmesi, baş ağrısı ve yorgunluk gibi rahatsızlıklara neden olabilir. Yüksek düzeyde endüstriyel gürültü ve yol gürültüsünün kardiyovasküler hastalıkla ilişkili risk faktörlerinden biri olduğuna inanılmaktadır. Ayrıca çimento fabrikasında çalışanlar, çalıştıkları süre boyunca gürültü kirliliğinden dolayı herhangi bir tehlike sinyalinin algılamakta zorlanmakta ve bu da çalışanların iş güvenliğini etkilemektedir (Zhang ve ark., 2020). Gürültü kontrolünün performansını artırmanın etkili yolları arasında gürültü azaltma, absorpsiyon ve yalıtım teknolojileri yer almaktadır. Yapılabilecek gürültü azaltma çalışmaları, alıcının teknolojik, idari ve gürültü yönetimini içerir. İdari olarak, insanların gürültüye maruz kaldıkları sürenin azalmasını sağlamak için her sektörde personelin gürültülü yerlerden daha sessiz yerlere rotasyonu uygulanmalıdır. Ayrıca, personelin kulak tıkacı ve kulaklık kullanması durumunda elde edilen gürültü seviyesinin en aza indirilmesini sağlar.

Çimento üretiminin etkileri Şekil 1.1.'de özetlenmiştir.



Şekil 1.1. Çimento üretiminin etkisine ilişkin özet diyagram

1.3. Stratejik Hammaddeler

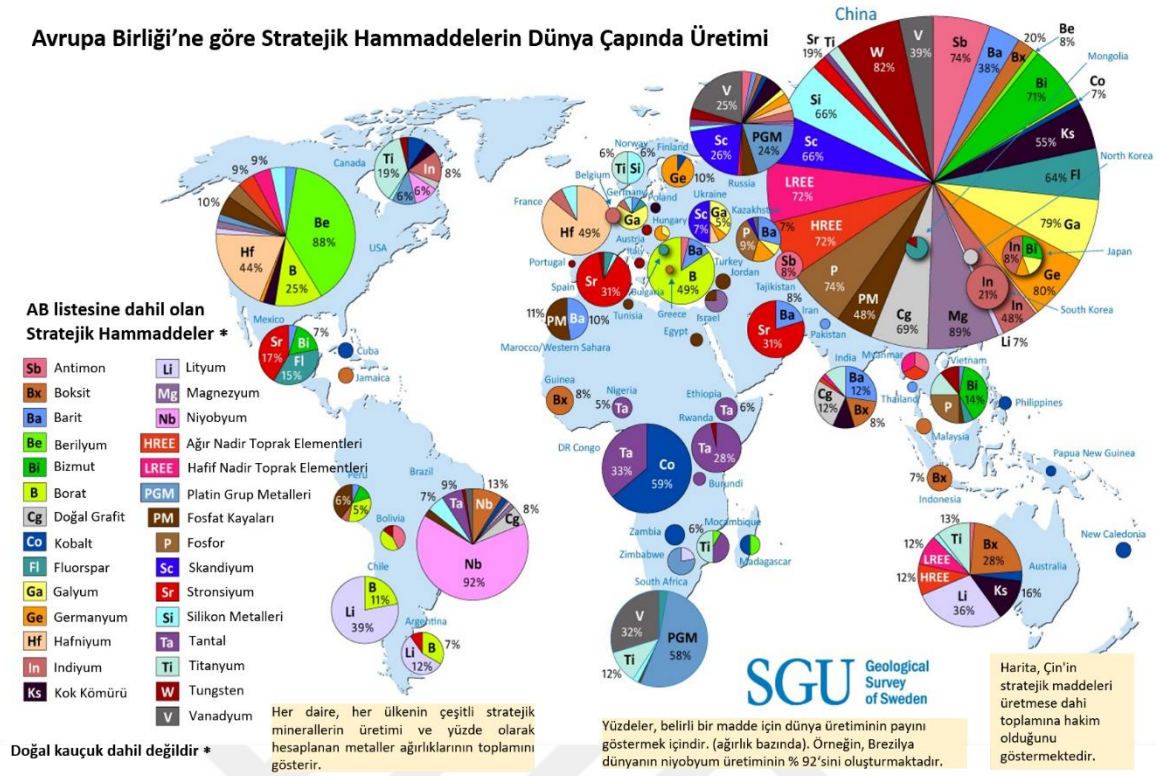
Stratejik hammadde terimi genellikle kıtlıkla ilişkilendirilir fakat bazı durumlarda ise stratejik hammaddeler negatif çevresel etkileri ile de ilişkilendirilebilir. Ancak AB düzeyinde tanımı oldukça nettir. Stratejik hammaddeyi anlamak için, hangi maddelerin kritik olduğunu belirleme metodolojisinin ana hatlarıyla belirlenmesi gerekmektedir. Avrupa Komisyonu her üç yılda bir güncellenen stratejik hammaddelerin bir listesini 2011 yılında yayınlamıştır. 2020 yılında ise 2017 yılında yayınlanan stratejik hammadde listesini güncelleyerek 30 madde listelemiştir. Avrupa Komisyonu tarafından rapor edilen stratejik hammaddeler AB için yüksek ekonomik öneme sahip ve arz riski bulunan maddeler olarak tanımlanmıştır (EC, 2020a). Buna göre, ekonomik parametreler değerlendirmelerin merkezinde yer almaktadır. Temel olarak iki değerlendirme yapılmaktadır. Birinci değerlendirme AB ekonomisi için öncelikle hammaddelerin önemine göre ekonomik önemi değerlendirilir. İkinci değerlendirmede ise farklı uygulamalarda gerekli olan materyaller için ikame seçenekleri

değerlendirilir. Bu metodoloji stratejik hammaddelerin mevcut arz durumunu açıklamak için oldukça uygundur fakat gelecek projeksiyon için uygun olmayan bir metodolojidir.

Avrupa Birliği 2008 yılında AB ekonomisi için değerli hammaddelerin artan endişesiyle yüzleşmek için Hammaddeler Girişimini başlatmıştır (Kastanaki ve Giannis, 2022). Hammaddeler, AB ekonomisinin tüm sektörleri için temel ürünlerdir. Stratejik hammaddeler AB için yüksek ekonomik öneme sahip olan maddelerdir. Özellikle stratejik hammaddeler olarak değerlendirilen hammaddelerin bazıları, yenilenebilir enerji, elektrikli araçlar, savunma ve havacılık ve dijital teknolojiler gibi stratejik sektörlerin gelişimi için önemlidir. Günümüzde, AB endüstrisi birçok hammadde için büyük ölçüde ithalata bağımlıdır ve bazı durumlarda tedarik zinciri boyunca güvenlik açıklarına yüksek oranda maruz kalmaktadır. Şu anda, stratejik hammaddelerin çoğu Çin başta olmak üzere birkaç ülkeden çıkmaktadır. Bu durum, nadir toprak elementleri gibi farklı stratejik hammaddelerin tedarik etme riskini artırmaktadır (EC, 2020b). Küresel enerji geçişini takiben, rüzgâr türbinleri, PV paneller, piller ve hidrojen üretimi ve depolaması ile diğer sistemlerin üretimi için gerekli olan metalik hammaddelerin tüketimi büyük ölçüde artacaktır. E-mobiliteye geçiş, yalnızca otomobiller için değil, aynı zamanda e-bisikletler, skoterler ve ağır hizmet taşımacılığı için de piller, yakıt hücreleri ve hafif çekiş motorları gerektirecektir. Savunma ve havacılık her zaman stratejik olarak önemli olmuştur ve teknolojik gelişmelerin ön saflarında yer almaktadır (EC, 2020c).

Stratejik hammaddeler görüldüğü gibi ileri teknoloji gerektiren elektrikli ve elektronik ekipmanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. 2020 yılında yenilenen stratejik hammadde listesi Kobalt, Paladyum, Platin, Neodimyum, Praseodimyum, Seryum, Öropiyum, Antimon, İndiyum, Lityum ve Tantal'ında arasında olduğu 30 metal ve/veya maddeyi içermektedir (Cucchiella ve ark., 2015; Holgersson ve ark., 2018). Özellikle akıllı telefonlar 30 stratejik hammaddenin 22'sini içermektedir (Charles ve ark., 2020; Krystofik ve ark., 2018; Kastanaki ve Giannis, 2022). Avrupa Birliğine göre stratejik hammaddelerin dünya çapında üretimini gösteren bilgiler Şekil 1.2.'de verilmiştir.

Avrupa Birliği'ne göre Stratejik Hammaddelerin Dünya Çapında Üretimi



Şekil 1.2. Avrupa Birliğine göre stratejik hammaddelerin dünya çapında üretimi

Bu tez çalışmasında tespit edilen stratejik hammaddelerden kobalt, stronsiyum, antimon, fosfor, lantan ve magnezyuma ait bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

1.3.1. Kobalt (Co)

İsviçreli kimyager Georg Brandt (c. 1735) tarafından tam bir element olarak izole edilmeden çok önce, kobalt metali ve kobalt mineralleri antik çağda mücevherat, çanak çömlek ve tabloları ayırt edici bir mavi renk katmak için kullanılmıştır (Peek ve ark., 2009). Kobalt, değişen miktarlarda bitkilerde, topraklarda ve hayvanlarda bulunabilir ve canlılar için hayati öneme sahip bir elementtir. Memelilerde kobalt, B12 vitamininin (kobalamin) aktif bir bileşenidir. Kırmızı kan hücrelerinin yenilenmesini katalize eden bir madde olmakla birlikte beyin ve sinir sisteminin işleyişinde de etkin rol oynamaktadır (Hawkins, 2001). Kobaltı benzersiz yapan bazı özellikler vardır. Bunlar; değişken oksidasyon özelliği nedeniyle katalizör olarak kullanılabilmesi, geniş bir sıcaklık aralığında korozyona karşı dirençli olması ve gücünü koruyabilen yüksek metal sertliğine sahip olması (Peek ve ark.,

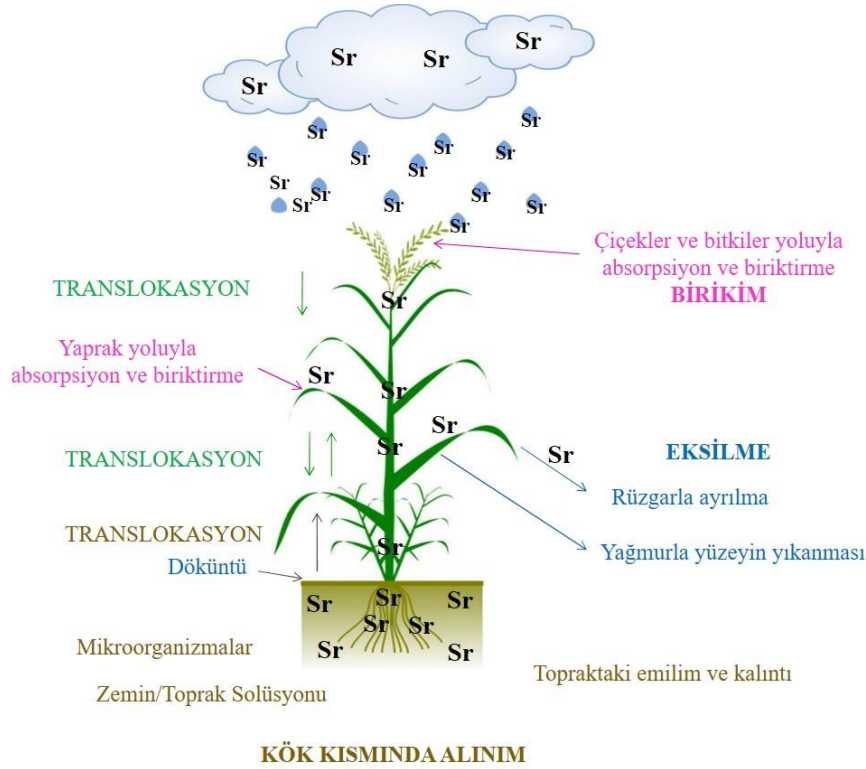
2009) ve son olarak ferromanyetik özelliğe sahip olmasıdır. Bu özellikleri nedeni ile kobalt geniş kullanım alanları ve uygulamaları vardır. Özellikle 20. yüzyılın başlarında çeşitli alaşımlarda ve kimya endüstrisinde bir katalizör olarak kullanılmaya başlanmıştır (Seddon, 2001). Kobalt, havacılık, tıp, otomobil ve savunma sanayi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Günümüzde küresel kobalt pazarı, şarj edilebilir pil endüstrisi üzerinedir ve kobalt kullanımının %58'ini oluşturur (Darton Commodities Ltd., 2020).

Kobalt atom numarası 27 olan parlak grimsi, gümüş kırılmalı bir geçiş metalidir. Benzer fiziksel özellik gösteren demir ve nikel ile periyodik tablodaki yerini almıştır. Kobalt sadece biri doğal olarak oluşabilen stabil izotopu ^{60}Co 'dur ve diğer oniki bilinen radyoaktif izotopları ^{60}Co 'dır. Kobaltın oksidasyon değerlikleri +2, +3 ve +1'dir (Young, 1957). Kobalt yer kabuğunda oldukça bulunan yaygın bir elementtir (ortalama 17,3 ppm) (Rudnick ve Gao, 2013) ve bu durum kobaltı 33. element yapmaktadır (Cobalt Development Institute, 2016).

1.3.2. Stronsiyum (Sr)

Stronsiyum Sr sembolü ile gösterilen ikinci grup alkalin toprak metalidir. Elemental halde bulunan stronsiyumun atom numarası 38 olup, ikinci grupta yer alan diğer toprak alkali metallerine benzer şekilde yumuşak, gümüş grisi renge sahip bir metaldir. Stronsiyum, yer kabuğunda doğal olarak dört kararlı izotopun, yani Sr-84, Sr-86, Sr-87 ve Sr-88'in bir karışımı olarak oluşur (Gupta ve ark., 2018). Bunlardan Sr-88, doğal stronsiyumun yaklaşık %83'ünü oluşturan en yaygın halidir. Diğer üç kararlı izotopun nispi bulunma oranları Sr-84 için %0,6, Sr-86 için %9,9 ve Sr-87 için %7,0'dir. Doğal olarak oluşan stronsiyum yer kabuğunda bol miktarda bulunması (yaklaşık 340 ppm) stronsiyumun 15. sırada yer almasını sağlamıştır. Kararlı stronsiyumun yüksek konsantrasyonları, karbonat (SrCO_3) olarak stronsiyanit minerallerinde ve çoğunlukla Çin'den olmak üzere yılda 300.000 tonu çıkarılan sülfat (SrSO_4) olarak selestitte bulunur (Coudert, 2015). Bu tür madencilik yerlerinde stronsiyum çevresel toksisiteye neden olabilir. Stronsiyum ayrıca diğer maden yataklarının küçük bir bileşenidir ve alçı, anhidrit ve kaya tuzu yatakları veya mercerleri ile ilişkili tortul kayalarda veya yakınında ve ayrıca kireçtaşı ve dolomit ile ilişkili damarlarda bulunabilir. Toprak, su ve hava yoluyla bitki kökleri ve yaprakları tarafından stronsiyum alımını etkileyen farklı faktörlerin etkilerini belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle bulaştan/döküntüden sonra stronsiyum alımını azaltmaya yönelik yöntemlere büyük önem verilmektedir. Maden alanlarından stronsiyum çıkarmak ve nükleer tesislerin

çevresindeki sıcak noktalarda ve kirlenmiş alanlarda stronsiyumu azaltmak için yerli bitkilerin potansiyelini kullanan yenilikçi fitoremediasyon teknikleri tartışılmaktadır. Fitoremediasyon işleminde bazı bitkiler kullanılarak ortamdaki kirleticilerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Bitkiler tarafından stronsiyumun alınımını gösteren örnek bir şekil Şekil 1.3.'te verilmiştir.



Şekil 1.3. Bitki tarafından stronsiyum alımı.

1.3.3. Antimon (Sb)

1707 senesinde metalik olarak elde edilen antimon, $6,68 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğa sahip, gümüş renginde bir metaldir. Antimonun Yunancadaki anlamı “yalnız başına bulunmayan metal” dir (Habashi, 1997). Kurşun alaşımlarında, ilaç sanayinde, balata sanayinde, pil endüstrisinde ve elektronik sanayinde yoğun kullanılan antimon insan vücudu için gerekli bir metal değildir. Vücutta bıraktığı temel hasarlar; bağışıklık sisteminde çökme, sinir sisteminde, solunum ve sindirim sistemlerinde ve vücudun diğer sistemlerindeki negatif etkileri olarak tanımlanabilir. Antimon; madenlerinin işletilmesi, antimon ve antimon bileşiklerinin üretilmesi ve bunun yanında antimon içerikli diğer alaşım ya da bileşiklerin

üretimi, ergitilmesi ve termik santrallerin baca tozu ile çevreye yayılır (ATSDR, 1992). Antimonun (Sb) oldukça sık kullanıldığı endüstriyel alanlarda ve kentsel bölgelerde kirletici olması kaçınılmazdır. Antimon (Sb) yer kabuğunda ($0.2-1 \mu\text{g g}^{-1}$) düşük konsantrasyonlara sahiptir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992) ve birçok alandaki doğal girdilerin antropojenik girdilere kıyasla önemli bir oransal fark bulunmamaktadır. Bu nedenle antropojenik girdiler kolayca değerlendirilebilir (Nriagu, 1989). Emisyon hesaplamalarının değerlendirilmesinde havadan alınan numunelerde, Sb'nin ortaya çıkışı esas olarak hem evsel hem de endüstriyel kömür ve yakıt yanmasına, pirometalurjik demir dışı Cu-Ni bazlı metal üretimine, yakma fırınlarından (Nriagu, 1989; Kabata-Pendias ve Pendias, 1992; van der Voet ve de Wolff, 1996) ve karayolu trafiğinde kaynaklanmaktadır (Dietl ve ark., 1997). Ek olarak boyaların, yarı iletkenlerin, bilgisayar çiplerinin, plastiklerin, kompakt disklerin vb. üretimi gibi çok sayıda başka endüstriyel işlem Sb bileşiklerinin kullanımını içerir. Birçok atık ve emisyon çevreye ulaşabileceğinden, Sb potansiyel bir kirlilik kaynağı olabilir.

1.3.4. Fosfor (P)

Fosfor, tarım ve endüstri için kritik bir elementtir ve yenilenemeyen bir kaynaktır. Ayrıca, element haldeki fosfor elektronik, otomobil, ilaç, gıda, plastik vb. gibi endüstriyel alanlarda önemli bir rol oynar. Özellikle ileri teknoloji gerektiren yarı iletken ve ilaç endüstrilerinde yüksek saflıklarda fosfor bileşikleri ppm düzeyinde kontrol edilmesi gereklidir. Element haldeki fosfor bu endüstrilerde her zaman ham madde olarak kullanılır (Nriagu ve ark., 2019).

Fosfor genellikle kütlece %28-40 oranında P_2O_5 içeren yüksek dereceli fosfat kayalarından piro ve hidrometalurjik işlemlerle çıkarılır (Scholz ve ark., 2014). Diğer taraftan sadece fosfat kayalarından fosforun sürdürülebilir temini (1) konvansiyonel sistemlerin yüksek çevresel etkisi açısından birincil süreci (Elser ve Bennett, 2011) (2) fosfor kaya sınıfının hızlı tüketimi (Cooper ve ark., 2011; Cordell ve ark., 2009) ve (3) fosfat kaya kaynağının eşit olmayan dağılımı nedeniyle endişe vericidir (Jasinski, 2021). Daha önce ifade edildiği gibi fosfor tarım ve endüstrilerde kullanılmaktadır (Matsubae ve ark., 2011). Endüstriyel alanlarda kullanılan fosfor tarımsal kullanımla karşılaştırıldığında azdır. Tarımsal amaçlı aşırı gübre kullanımı farklı çevresel sorunları birlikte getirir. Özellikle noktasal olmayan tarımsal alanlardan fosforun salınımı yüzeysel su kalitesini etkilediği için oldukça önemlidir. Fosfatlar fiziksel etkileşim, kimyasal adsorpsiyon ve katyon bağlama

mekanizmalarıyla organik ve inorganik toprak bileşenleri tarafından immobilize edilebilir ve adsorplanabilir.

1.3.5. Lantan (La)

Lantan, atom numarası 57 ve atom ağırlığı 138.9055 olan hafif grup bir nadir toprak elementidir. 1839 yılında İsveçli kimyager Carl Gustav Mosander tarafından keşfedilmiştir (Gupta ve Krishnamurthy, 2004). Lantan incelendiğinde metal bileşeni olarak sadece lantan içeriğine sahip cevher olmadığı görülmektedir. Lantan tüm lantanoid elementleri içeren minerallerde bulunmaktadır. Esas olarak önemli miktarda monazit (Ce, La, Y, Th)PO₄ ve bastnazite (La, Ce)FCO₃ gibi cevherlerde lantan bulunurken, alüminyum, demir, çinko ve altın cevherlerinde ise eser miktarda bulunmaktadır (Clark, 1984; Lottermoser, 1992; Chi ve Tian, 2007; Maksimovic ve Panto, 1991; Frietsch ve Perdahl, 1995; Xu ve ark., 2006; Li ve ark., 2009; Kuzmin ve ark., 2012; Wang ve ark., 2013; Ismail ve ark., 2014; Jaireth ve ark., 2014).

Oksitlenmemiş cevherlerdeki lantan içeriği 20 ila 100 ppm arasında değişir ve ortalama 30 ppm'dir. Lantanın Potasyum ve Alüminyum içeriğinde doğrudan değişiklik gösterdiği, lantanın kil içinde konsantre olduğunu ve ana kayaçlardan 160 ila 222 ppm arasında değişen oksitlenmemiş cevherlerden gelen karbonlu malzemelerin konsantrelerinde yoğun bir şekilde çıktığını göstermektedir. (Radtke, 1936; Gupta ve Krishnamurthy, 2004).

Günümüzde çıkarıldığı başlıca cevherler monazit ve bastnäsit olup, lantan minerallerin sırasıyla %25 ve %38'ini oluşturmaktadır (Gupta ve Krishnamurthy, 2004). Allanit ve serit mineralleri lantan içerir ancak bu cevherler özellikle lantan içeriği nedeniyle çıkarılmaz. Lantan metalinin kendisi lantan florür ve kalsiyum metalinin reaksiyona girmesiyle oluşur, ancak lantan sadece lantan oksit, karbonat, klorür, florür, nitrat ve sülfat gibi diğer formlarında ticari bir değere sahip olmaktadır. (Gschneidner, 1980; Gschneidner ve ark., 2002). Ancak, lantan kaynak rezervlerinin sürdürülebilirliğinin belirlenememesi ve bu süreçteki lantan üretiminin yüksek maliyet unsuru ticari olarak değerlendirilmesini sınırlandırmaktadır. Lantan, rezerv dalgalanmaları ve çıkarılmasıyla ilgili zorluklar nedeniyle nadir bulunan pahalı bir metaldir (Stwertka, 2012; Emsley, 2011; Gray, 2012, Binnemans ve ark., 2013). Lantan, organizmalar tarafından biriktirilebilir, hücresel fonksiyonlara müdahale edebilir ve partiküllere adsorbe olabilir. Saf lantan metalinin ticari kullanım alanları bulunmamaktadır, ancak bileşikleri ve alaşımlarının otomobil katalitik

konvertörlerinde, seramiklerde, sıvı katalitik parçalamada, cam katkı maddelerinde, pil alaşımlarında, fosforlarda, cam parlatma endüstrilerinde geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Lantanın özelliklerin sayesinde Ni-MH piller, yüksek mukavemetli ve iletken bakır alaşımları, potansiyometrik klor gazı sensörleri, yüksek sıcaklık lantan zirkonyum kaplamalar, ilaç olarak lantan karbonat, petrol kırma katalizörleri, elektron yoğunluğu gibi birçok alanda kullanıma yol açmıştır.

1.3.6. Magnezyum (Mg)

Hafif ağırlığa sahip bir metal olan magnezyum, şu anda çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Yer kabuğunun %2,7'sini oluşturan magnezyum yer kabuğunda bulunan sekizinci elementtir (Nayeb-Hashemi ve Clark, 1988). Magnezyum doğada element halde bulunmaz, bileşik halde bulunur. $MgCO_3$ (manyezit), $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ karnalit) ve $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ (dolomit) en yaygın şekilde bulunanlarıdır (Avedesian ve Baker, 1999). Magnezyumun kristal yapısı altıgen sıkı şekildedir. Bu yapısı ile niteliksel özellikleri dikkat çekicidir. Magnezyumun ortam sıcaklığındaki bazı fiziksel özellikleri Tablo 1.2.'de listelenmiştir.

Tablo 1.2. Magnezyumun ortam sıcaklığındaki bazı fiziksel özellikleri

S. No	Madde Özellikleri	Sayısal Değer
1	Yoğunluk (at 20 °C)	1.738 g/cm ³
2	Erime Sıcaklığı	(650) °C
3	Kaynama Noktası (Sıcaklığı)	1090 °C
4	Isıl İletkenlik (at 27 °C)	156 W m ⁻¹ K ⁻¹
5	Özgül Isı Kapasitesi (at 20 °C)	1.025 kJ kg ⁻¹ K ⁻¹
6	Erime Gizil Isısı	360 to 377 kJ kg ⁻¹
7	Buharlaşma Gizil Isısı	5150 To 5400 kJ kg ⁻¹
8	Uçunum Gizil Isısı (at 25 °C)	6113 to 6238 kJ kg ⁻¹
9	Yanma Isısı	24.9 to 25.2 MJ kg ⁻¹
10	Doğrusal Isıl Genleşme Katsayısı	29.9 × 10 ⁻⁶ °C ⁻¹

Yapısal metaller arasında en hafifi olan magnezyum, 1.74 g/cm³ yoğunluğa değerine sahiptir. Magnezyum bazlı malzemelerin düşük yoğunluğu ve yüksek özgül mukavemeti (yaklaşık 130 kNm/kg) onları ağırlık açısından kritik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Magnezyum, tüm mühendislik malzemelerinin en aktif olanıdır (Song ve Atrens, 2003; Song ve Atrens, 1999). Yapı elemanı olarak kullanımında

elik ve alüminyumdan sonra magnezyum üçüncü sırada yer almaktadır. Magnezyum ve alaşımları, elik ve alüminyum gibi muadillerine göre daha düşük bir korozyon oranına sahiptir (Song ve Atrens, 2003; Song ve Atrens, 1999). Magnezyum elikler, SS (paslanmaz elikler), Cu alaşımları (bakır alaşımları), Al alaşımları (alüminyum alaşımları), Ti alaşımları (titanyum alaşımları) gibi malzemelerle birleştğinde korozyona uğramasının sebebi galvanik korozyonun bu durumu en çok etkileyen faktör olmasıdır. Magnezyumun yüksek bozunma hızına sahip olması nedeniyle kullanımı kısıtlanmaktadır. Magnezyum hızlı oksidasyon nedeniyle havada yanar. Magnezyum tozu doğada piroforiktir yani hava ile temas ettiğinde belirli bir sürede (yaklaşık 5 dk.) tutuşma özelliğine sahiptir (Esmaily ve ark., 2017). Ayrıca, hava ile temas ettiğinden dolayı hidrojen gazının salınımı sonucunda magnezyumun korozyonuna neden olmaktadır (Song ve ark., 2020). Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı magnezyum alaşımlarının üretim süreçlerinde zorluk ve karmaşıklık meydana gelmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında çalışma alanı olarak Adıyaman ilinde bulunan bir çimento fabrikasının etrafı seçildi. Çalışma alanı etrafında nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin bulunduğu tespit edildi. Bu çerçevede, çalışmamızda söz konusu bitkiler materyal olarak kullanıldı (Şekil 2.1). Materyal olarak toplanan bitkilerin çimento fabrikası bacasından uzaklıkları şu şekildeydi: nar bitkisi 350 m, badem bitkisi 500 m, dut bitkisi 450 m, çam bitkisi 300 m, üzüm bitkisi 250 m ve buğday bitkisi 350 m. Tez çalışması kapsamında materyal olarak belirlenen bitkiler hasat edilerek laboratuvara getirildi. Laboratuvarda nar bitkisi yaprak, dal ve meyve olarak, badem bitkisi yaprak ve dal olarak, dut bitkisi yaprak ve dal olarak, çam bitkisi yaprak, dal ve kozalak olarak, üzüm bitkisi dal ve yaprak olarak, buğday bitkisi ise başak ve dal olarak ayrıldı. Elde edilen her bir bitki örnekleri küçük parçalara ayırılarak homojen hale getirildi. Sonra laboratuvarda oda sıcaklığında kurutmaya bırakıldı. Kurutulan bitki örnekleri öğütücü kullanılarak toz hale getirildi ve analizlenmesi için hazırlandı (Şekil 2.2). Hazırlanan bitki örneklerinde bazı stratejik hammaddelerin konsantrasyonları (Co, Sr, Sb, P, La ve Mg) akredite olan bir laboratuvarda ICP-MS ile tespit edildi.



Şekil 2.1. Örneklerin toplanması



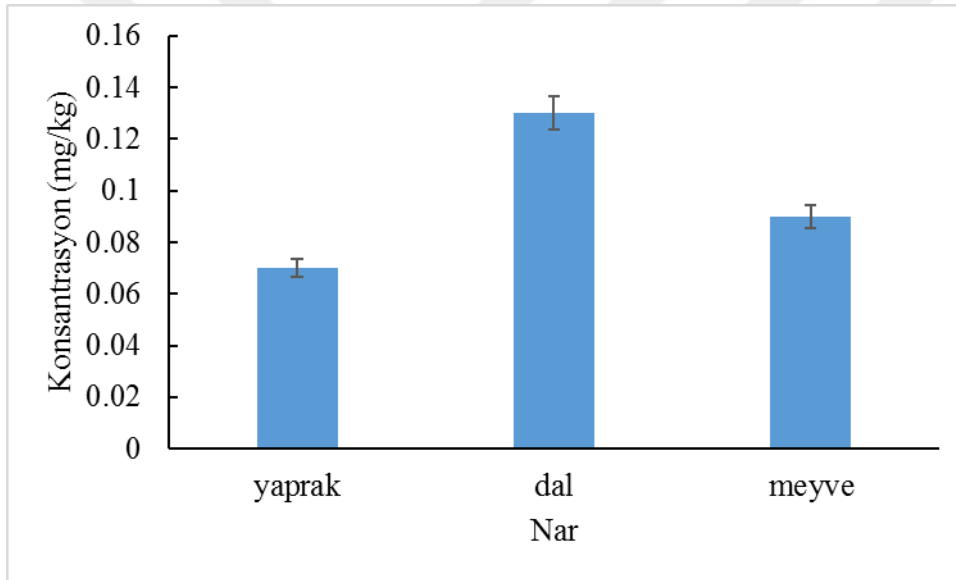
Şekil 2.2. Örneklerin analize hazırlanması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinde stratejik hammaddelerden Co, Sr, Sb, P, La ve Mg elementleri tespit edildi. Bu çerçevede, tez kapsamında elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

3.1. Bitkilerdeki Kobalt (Co) Konsantrasyonları

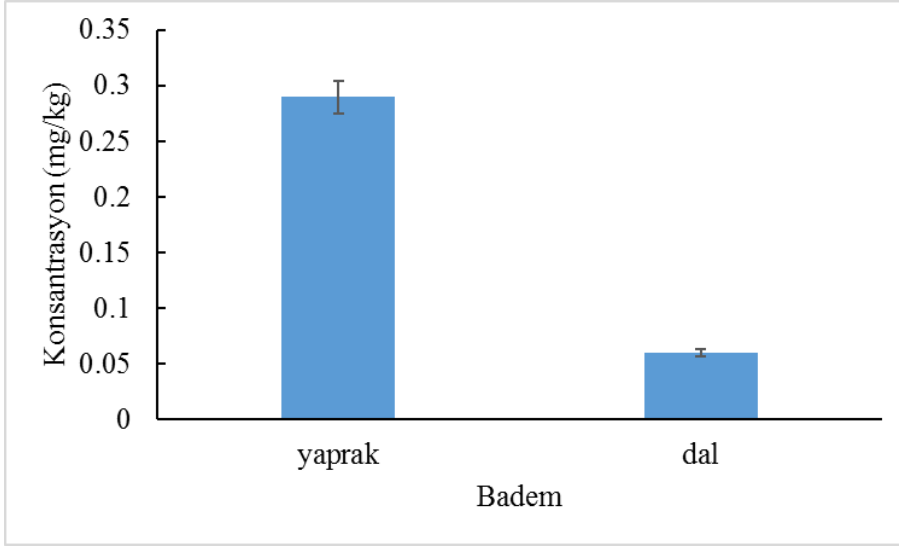
Çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinde (yaprak, dal ve meyve) tespit edilen Co konsantrasyonları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Nar bitkisinde Co konsantrasyonları

Şekil 3.1’e göre Adıyaman ilinde bulunan çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinin yaprak, dal ve meyve kısımlarında kobalt konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek kobalt konsantrasyonu dal kısmında 0,13 mg/kg olarak, en düşük kobalt konsantrasyonu yaprak kısmında 0,07 mg/kg olarak tespit edildi. Nar bitkisinin meyve kısmında ise kobalt konsantrasyonu 0,09 mg/kg olarak belirlendi. Nar bitkisinde tespit edilen kobalt konsantrasyonları dal > meyve > yaprak şeklinde sıralandı.

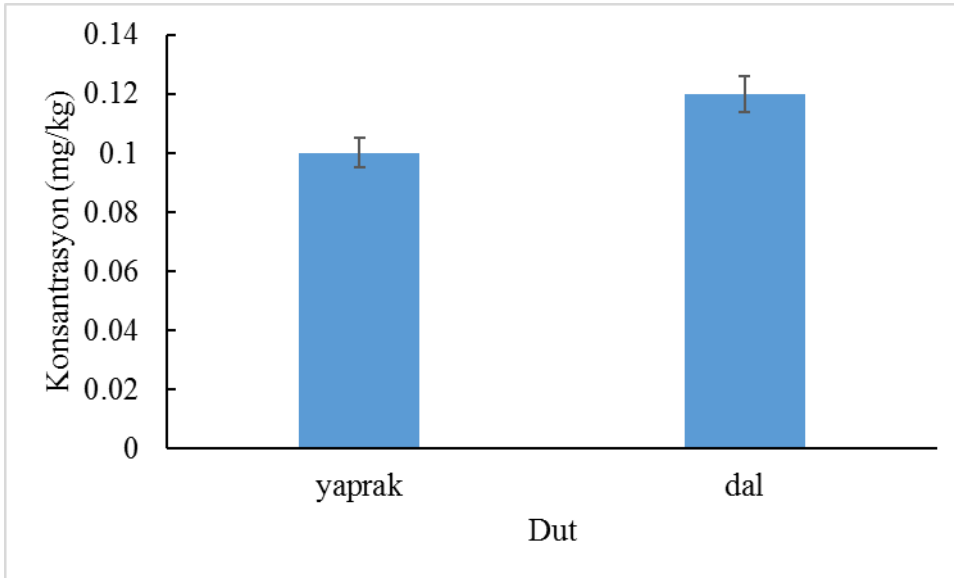
Çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen kobalt konsantrasyonları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Badem bitkisinde kobalt konsantrasyonları

Şekil 3.2 incelendiğinde çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinin yaprağında kobalt konsantrasyonu 0,29 mg/kg, dal kısmında ise 0,06 mg/kg olduğu gözlemlenmiştir. Yaprak ve dal kısmı kıyaslandığında yaklaşık 5 katlık bir oran olduğu tespit edildi.

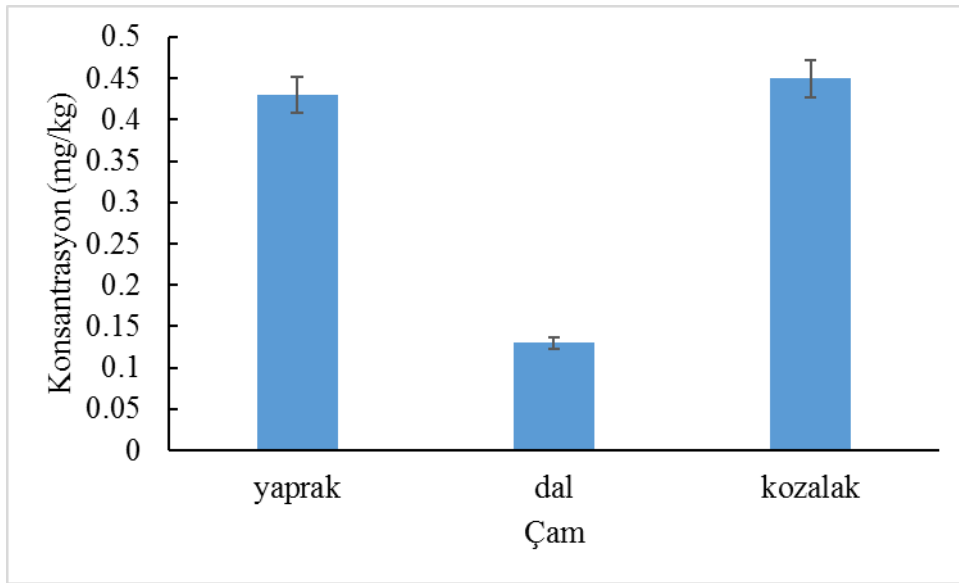
Çimento fabrikası etrafında yetişen dut bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen kobalt konsantrasyonları Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Dut bitkisinde kobalt konsantrasyonları

Şekil 3.3'e göre dut bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında kobalt konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek kobalt konsantrasyonu dal kısmında 0,12 mg/kg olarak, en düşük kobalt konsantrasyonu yaprak kısmında 0,10 mg/kg olarak tespit edildi. Dut bitkisinde tespit edilen kobalt konsantrasyonları dal > yaprak şeklinde sıralandı.

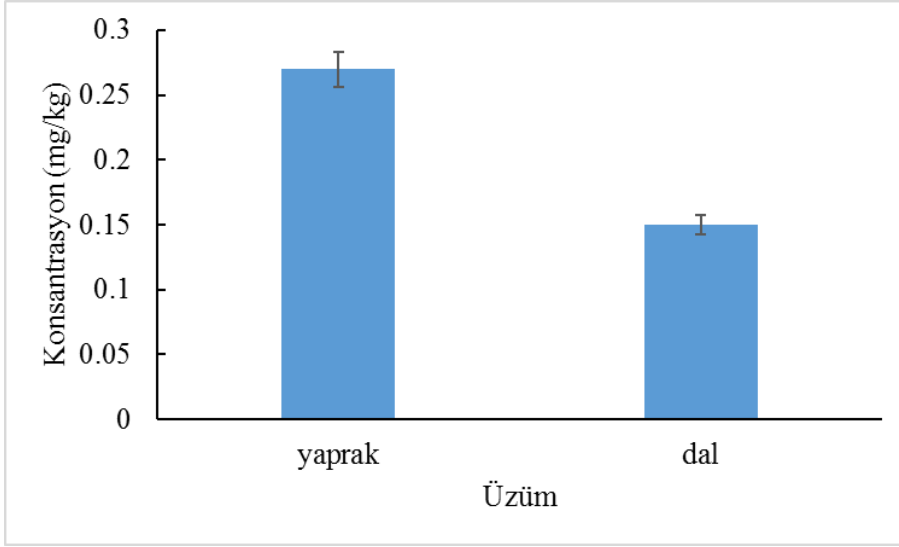
Çimento fabrikası etrafında yetişen çam bitkisinde (yaprak, dal ve kozalak) tespit edilen kobalt konsantrasyonları Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Çam bitkisinde kobalt konsantrasyonları

Şekil 3.4'e göre çam bitkisinin yaprak, dal ve kozalak kısımlarında kobalt konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek kobalt konsantrasyonu kozalak kısmında 0,45 mg/kg olarak, en düşük kobalt konsantrasyonu dal kısmında 0,13 mg/kg olarak tespit edildi. Çam bitkisinin yaprak kısmında ise kobalt konsantrasyonu 0.43 mg/kg olarak belirlendi. Çam bitkisinde tespit edilen kobalt konsantrasyonları kozalak > yaprak > dal şeklinde sıralandı. Kozalak ve yaprakta tespit edilen kobalt konsantrasyonlarının birbirine yakın bir değerde olduğu görülmüştür.

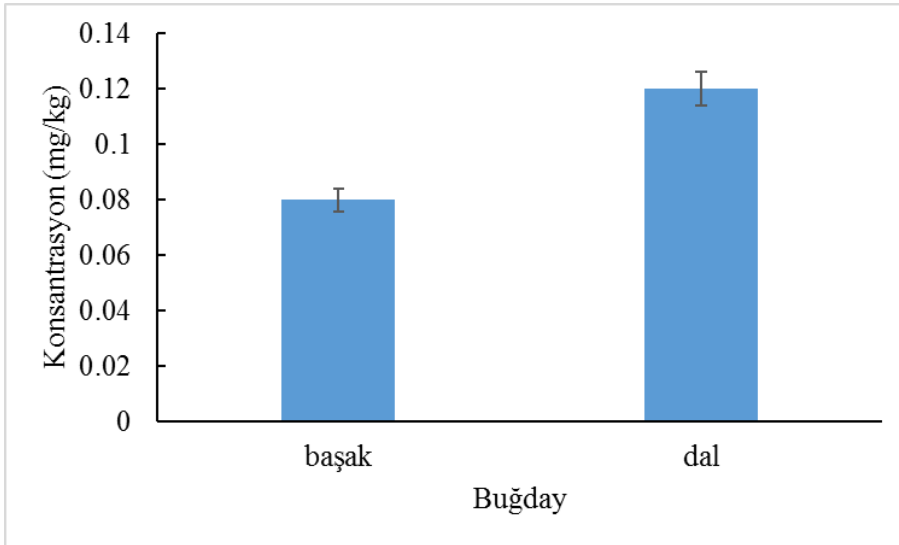
Çimento fabrikası etrafında yetişen üzüm bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen kobalt konsantrasyonları Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Üzüm bitkisinde kobalt konsantrasyonları

Şekil 3.5'e göre üzüm bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında kobalt konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek kobalt konsantrasyonu yaprak kısmında 0,27 mg/kg olarak, en düşük kobalt konsantrasyonu dal kısmında 0,15 mg/kg olarak tespit edildi. Üzüm bitkisinde tespit edilen kobalt konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

Çimento fabrikası etrafında yetişen buğday bitkisinde (başak ve dal) tespit edilen kobalt konsantrasyonları Şekil 3.6'da verilmiştir.

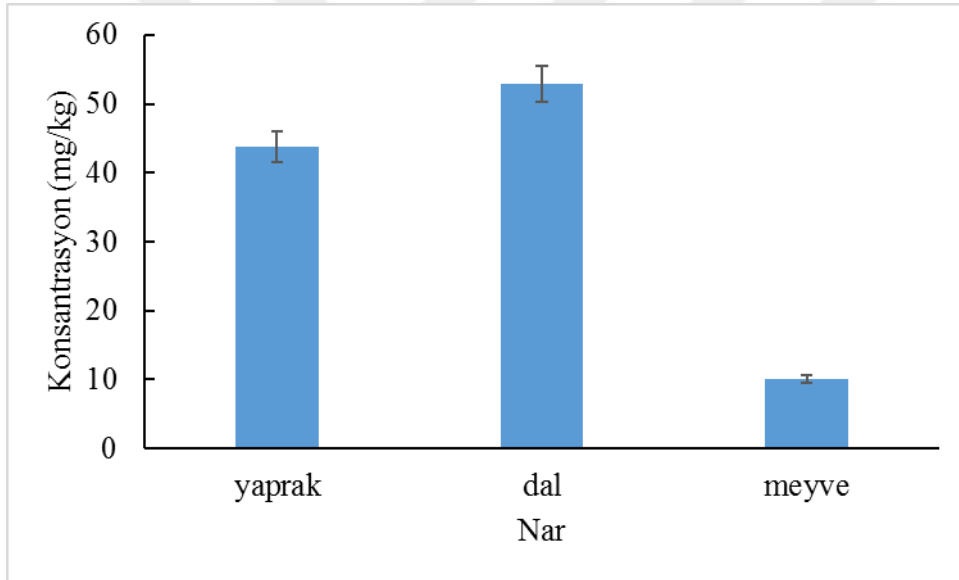


Şekil 3.6. Buğday bitkisinde kobalt konsantrasyonları

Şekil 3,6'ya göre buğday bitkisinin başak ve dal kısımlarında kobalt konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek kobalt konsantrasyonu dal kısmında 0,12 mg/kg olarak, en düşük kobalt konsantrasyonu başak kısmında 0,08 mg/kg olarak tespit edildi. Buğday bitkisinde tespit edilen kobalt konsantrasyonları dal > başak şeklinde sıralandı. Başak ve dal kısmında kobalt konsantrasyonu kıyaslandığında yaklaşık 1,5 katlık bir oran olduğu görülmektedir.

3.2. Bitkilerdeki Stronsiyum (Sr) Konsantrasyonları

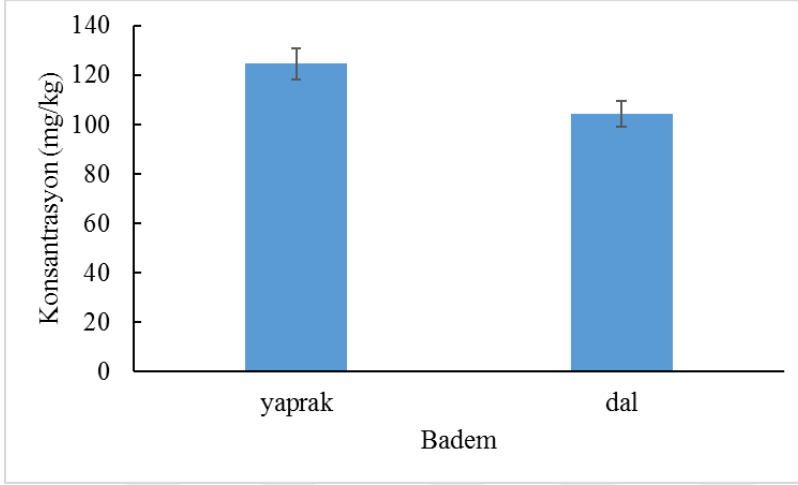
Çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinde (yaprak, dal ve meyve) tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Nar bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları

Şekil 3.7'ye göre nar bitkisinin yaprak, dal ve meyve kısımlarında stronsiyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek stronsiyum konsantrasyonu dal kısmında 52,9 mg/kg olarak, en düşük stronsiyum konsantrasyonu meyve kısmında 10,1 mg/kg olarak tespit edildi. Nar bitkisinin dal kısmında ise stronsiyum konsantrasyonu 43,8 mg/kg olarak belirlendi. Nar bitkisinde tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları dal > yaprak > meyve şeklinde sıralandı.

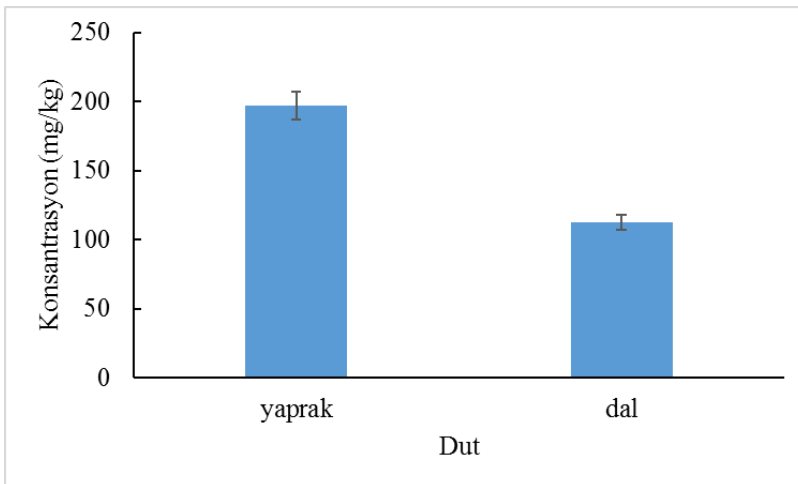
Çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Badem bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları

Şekil 3.8 incelendiğinde badem bitkisinin yaprağında stronsiyum konsantrasyonu 124,6 mg/kg, dal kısmında ise 104,3 mg/kg olduğu gözlemlenmiştir. Badem bitkisinin yaprak kısmında tespit edilen stronsiyum konsantrasyonlarının dal kısmında tespit edilen konsantrasyondan daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

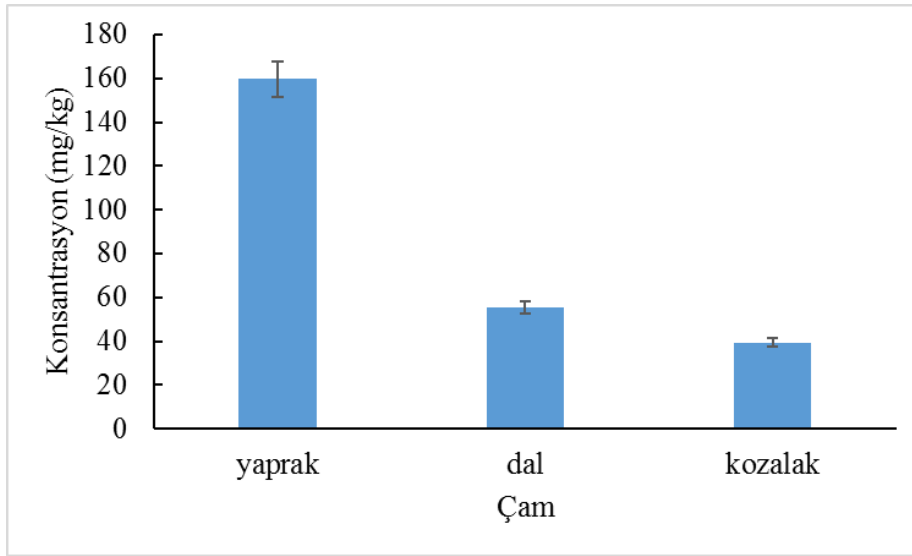
Çimento fabrikası etrafında yetişen dut bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Dut bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları

Şekil 3.9'a göre dut bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında stronsiyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek kobalt konsantrasyonu yaprak kısmında 197,2 mg/kg olarak, en düşük kobalt konsantrasyonu dal kısmında 112,7 mg/kg olarak tespit edildi. Dut bitkisinde tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

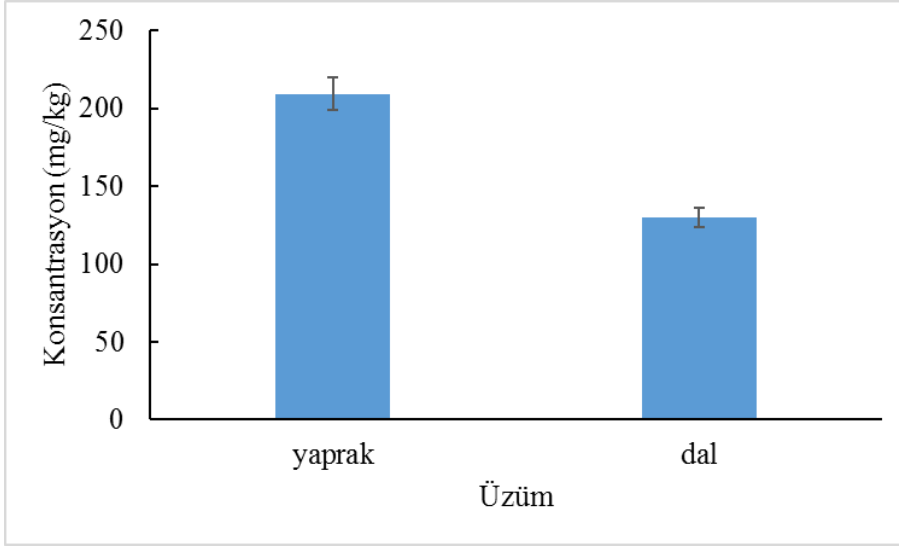
Çimento fabrikası etrafında yetişen çam bitkisinde (yaprak, dal ve kozalak) tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Çam bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları

Şekil 3.10'a göre çam bitkisinin yaprak, dal ve kozalak kısımlarında stronsiyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek stronsiyum konsantrasyonu yaprak kısmında 159,6 mg/kg olarak, en düşük stronsiyum konsantrasyonu kozalak kısmında 39,4 mg/kg olarak tespit edildi. Çam bitkisinin dal kısmında ise stronsiyum konsantrasyonu 55,2 mg/kg olarak belirlendi. Çam bitkisinde tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları yaprak > dal > kozalak şeklinde sıralandı.

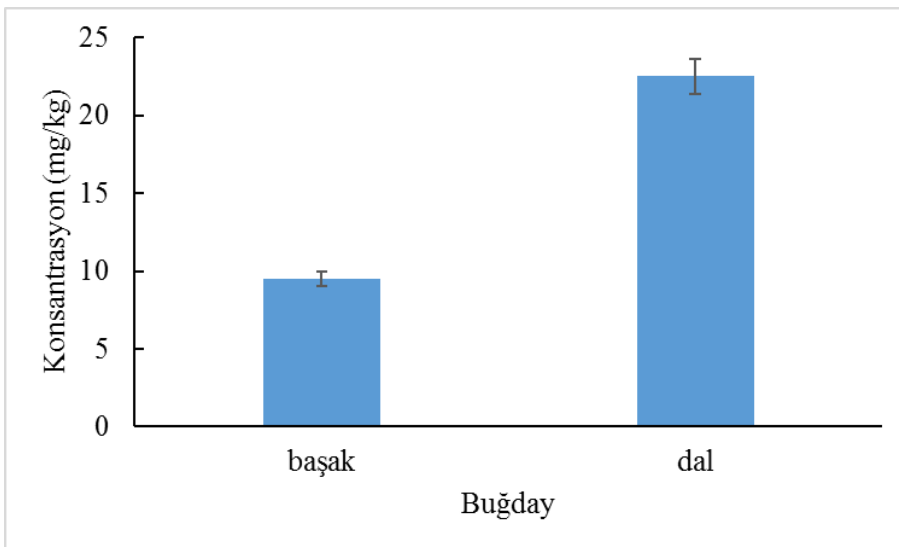
Çimento fabrikası etrafında yetişen üzüm bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Üzüm bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları

Şekil 3.11'e göre üzüm bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında stronsiyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek stronsiyum konsantrasyonu yaprak kısmında 209,4 mg/kg olarak, en düşük stronsiyum konsantrasyonu dal kısmında 130 mg/kg olarak tespit edildi. Üzüm bitkisinde tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

Çimento fabrikası etrafında yetişen buğday bitkisinde (başak ve dal) tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Şekil 3.12'de verilmiştir.

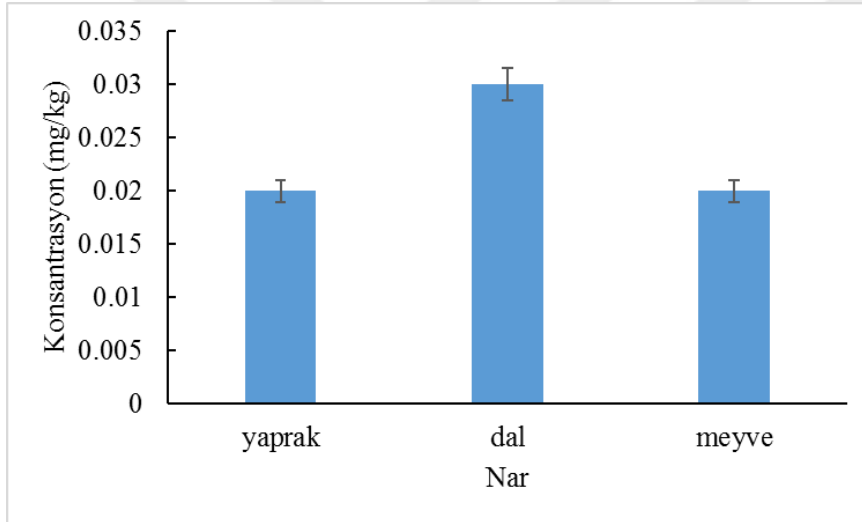


Şekil 3.12. Buğday bitkisinde stronsiyum konsantrasyonları

Şekil 3.12'ye buğday bitkisinin başak ve dal kısımlarında stronsiyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek stronsiyum konsantrasyonu dal kısmında 22,5 mg/kg olarak, en düşük stronsiyum konsantrasyonu başak kısmında 9,5 mg/kg olarak tespit edildi. Buğday bitkisinde tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları dal > başak şeklinde sıralandı. Başak ve dal kısmında tespit edilen stronsiyum konsantrasyonu kıyaslandığında yaklaşık 2 katlık bir oran olduğu görülmektedir.

3.3. Bitkilerdeki Antimon (Sb) Konsantrasyonları

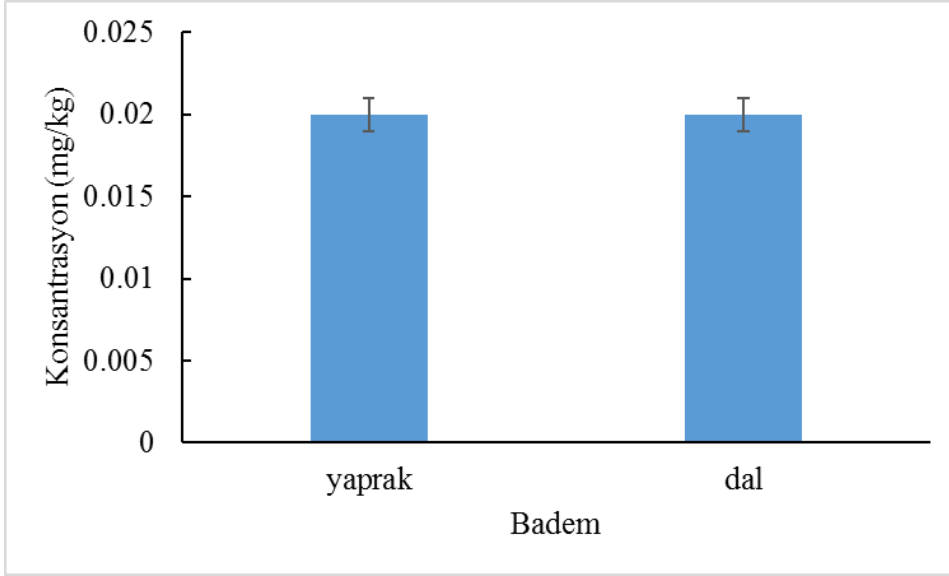
Çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinde (yaprak, dal ve meyve) tespit edilen antimon konsantrasyonları Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Nar bitkisinde antimon konsantrasyonları

Şekil 3.13'e göre nar bitkisinin yaprak, dal ve meyve kısımlarında antimon konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek antimon konsantrasyonu dal kısmında 0,03 mg/kg olarak, yaprak ve meyve kısmında ise antimon konsantrasyonu 0,02 mg/kg olarak tespit edildi. Nar bitkisinde tespit edilen antimon konsantrasyonları dal > meyve = yaprak şeklinde sıralandı.

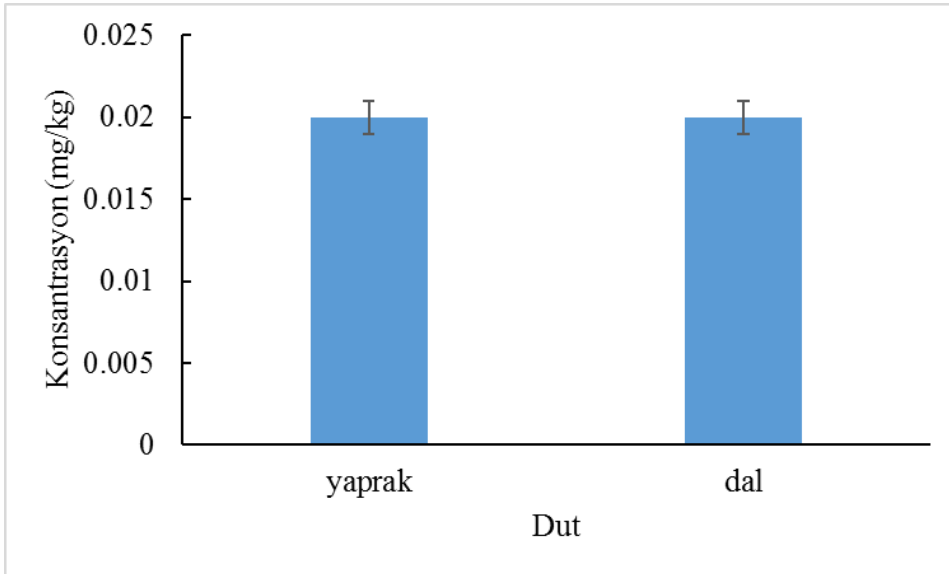
Çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen antimon konsantrasyonları Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.14. Badem bitkisinde antimon konsantrasyonları

Şekil 3.14 incelendiğinde badem bitkisinin yaprağında ve dalındaki antimon konsantrasyonu 0,02 mg/kg olarak tespit edildi. Antimon konsantrasyonlarının badem bitkisinin yaprak ve dal kısmında değişmediği belirlendi.

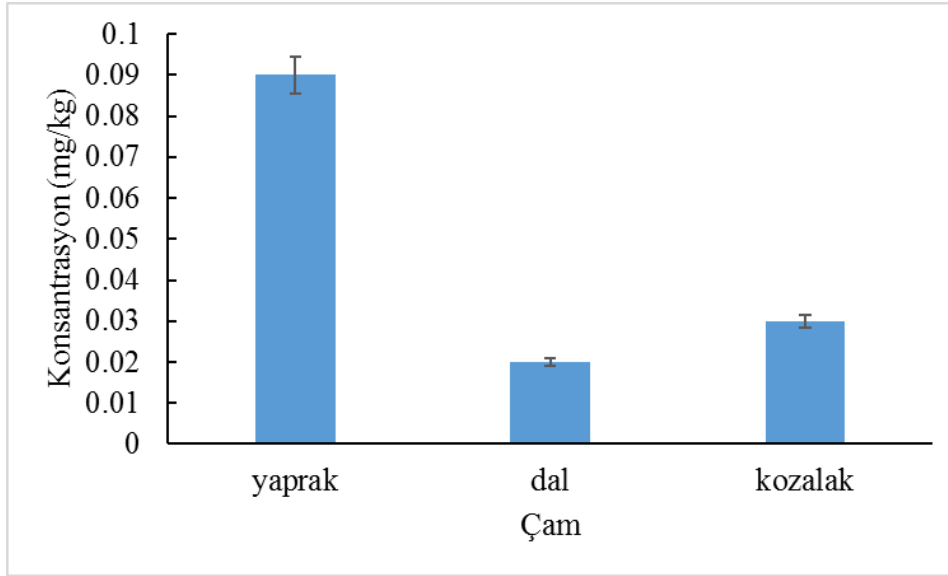
Çimento fabrikası etrafında yetişen dut bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen antimon konsantrasyonları Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Dut bitkisinde antimon konsantrasyonları

Şekil 3.15'e göre dut bitkisinin yaprak ve dal kısımlarındaki antimon konsantrasyonları karşılaştırıldığında ikisinin de aynı değerde olduğu (0,02 mg/kg) gözlemlenmiştir.

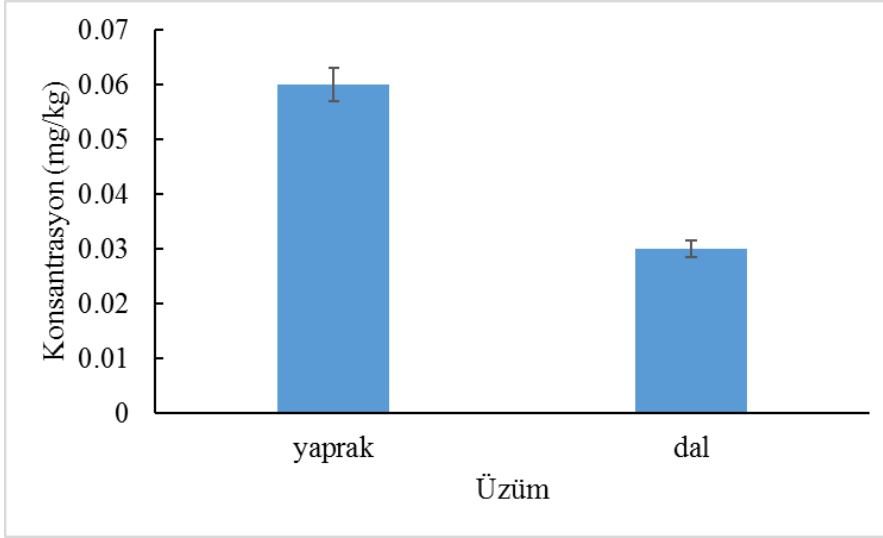
Çimento fabrikası etrafında yetişen çam bitkisinde (yaprak, dal ve kozalak) tespit edilen antimon konsantrasyonları Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Çam bitkisinde antimon konsantrasyonları

Şekil 3.16'ya göre çam bitkisinin yaprak, dal ve kozalak kısımlarında antimon konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek antimon konsantrasyonu yaprak kısmında 0,09 mg/kg olarak, en düşük antimon konsantrasyonu dal kısmında 0,02 mg/kg olarak tespit edildi. Çam bitkisinin kozalak kısmında ise antimon konsantrasyonu 0,03 mg/kg olarak belirlendi. Çam bitkisinde tespit edilen antimon konsantrasyonları yaprak > kozalak > dal şeklinde sıralandı.

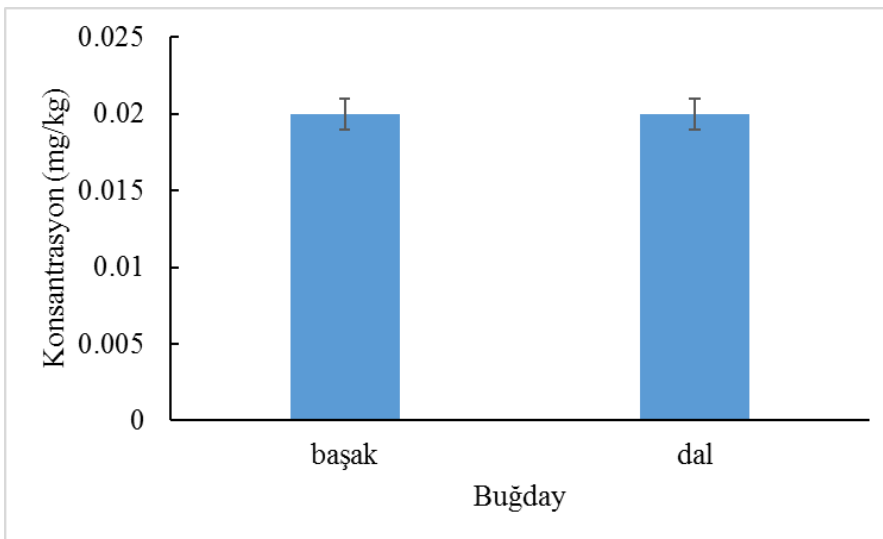
Çimento fabrikası etrafında yetişen üzüm bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen antimon konsantrasyonları Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17. Üzüm bitkisinde antimon konsantrasyonları

Şekil 3.17'ye göre üzüm bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında antimon konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek antimon konsantrasyonu yaprak kısmında 0,06 mg/kg olarak, dal kısmındaki antimon konsantrasyonu ise 0,03 mg/kg olarak tespit edildi. Üzüm bitkisinde tespit edilen antimon konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

Çimento fabrikası etrafında yetişen buğday bitkisinde (başak ve dal) tespit edilen antimon konsantrasyonları Şekil 3.18'de verilmiştir.

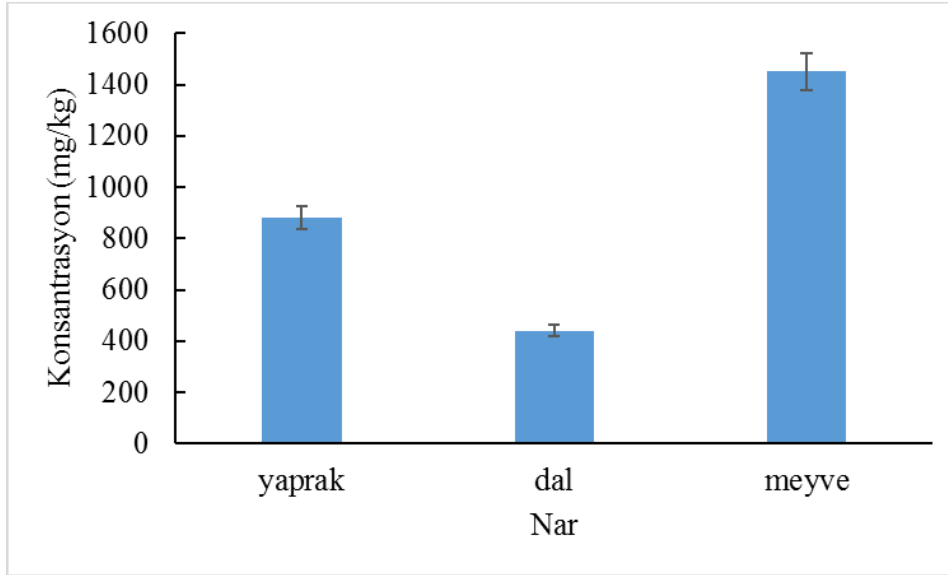


Şekil 3.18. Buğday bitkisinde antimon konsantrasyonları

Şekil 3.18'e göre buğday bitkisinin başak ve dal kısımlarında antimon konsantrasyonları karşılaştırıldığında antimon konsantrasyonu dal ve başak kısmında 0,02 mg/kg olarak tespit edildi. Buğday bitkisinde tespit edilen antimon konsantrasyonlarının dal ve başak kısmında eşit konsantrasyonda olduğu tespit edildi.

3.4. Bitkilerdeki Fosfor (P) Konsantrasyonları

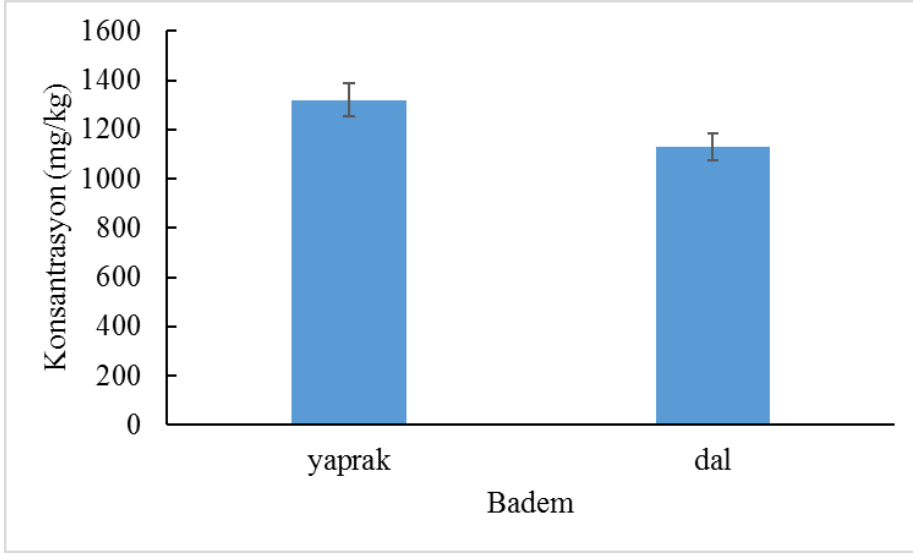
Çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinde (yaprak, dal ve meyve) tespit edilen fosfor konsantrasyonları Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Nar bitkisinde fosfor konsantrasyonları

Şekil 3.19'a göre nar bitkisinin yaprak, dal ve meyve kısımlarında fosfor konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek fosfor konsantrasyonu meyve kısmında 1450 mg/kg olarak, en düşük fosfor konsantrasyonunun ise dal kısmında 440 mg/kg olduğu tespit edildi. Fosfor konsantrasyonunun yaprak kısmında 880 mg/kg olduğu tespit edildi. Nar bitkisinde tespit edilen fosfor konsantrasyonları meyve > yaprak > dal şeklinde sıralandı.

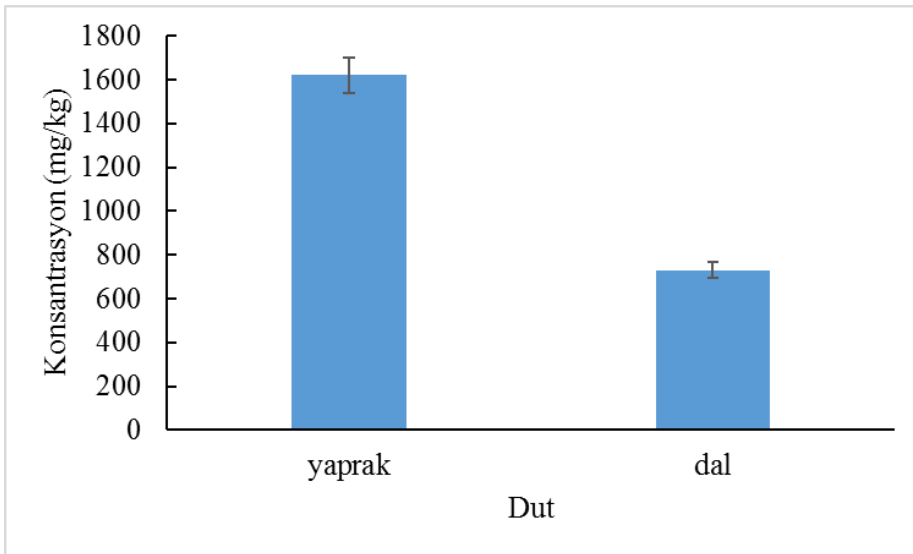
Çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen fosfor konsantrasyonları Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20. Badem bitkisinde fosfor konsantrasyonları

Şekil 3.20 incelendiğinde badem bitkisinin yaprağında fosfor konsantrasyonu 1320 mg/kg olarak tespit edildi. Badem bitkisinin dalındaki fosfor konsantrasyonu ise 1130 mg/kg olarak belirlendi. Badem bitkisinde tespit edilen fosfor konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

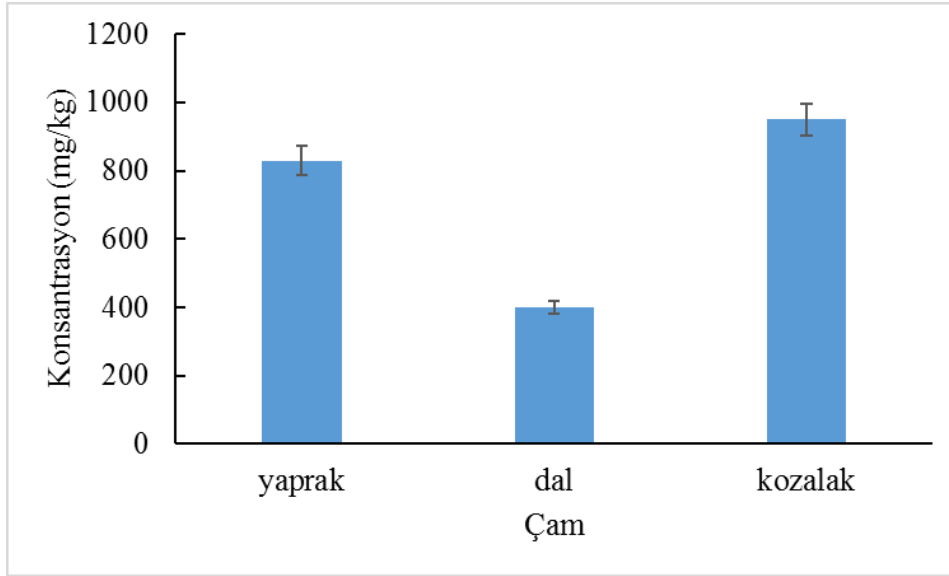
Çimento fabrikası etrafında yetişen dut bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen fosfor konsantrasyonları Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. Dut bitkisinde fosfor konsantrasyonları

Şekil 3.21'e göre dut bitkisinin yaprağında fosfor konsantrasyonu 1620 mg/kg olarak tespit edildi. Dut bitkisinin dalındaki fosfor konsantrasyonu ise 730 mg/kg olarak belirlendi. Dut bitkisinde tespit edilen fosfor konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

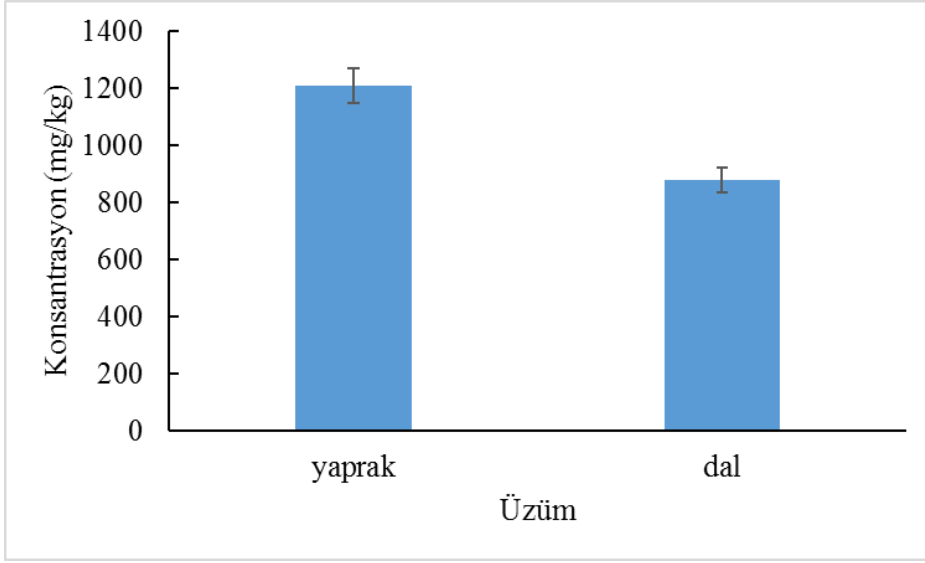
Çimento fabrikası etrafında yetişen çam bitkisinde (yaprak, dal ve kozalak) tespit edilen fosfor konsantrasyonları Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22. Çam bitkisinde fosfor konsantrasyonları

Şekil 3.22'ye göre çam bitkisinin yaprak, dal ve kozalak kısımlarında fosfor konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek fosfor konsantrasyonu yaprak kısmında 950 mg/kg olarak, en düşük fosfor konsantrasyonu dal kısmında 400 mg/kg olarak tespit edildi. Çam bitkisinin kozalak kısmında ise fosfor konsantrasyonu 830 mg/kg olarak belirlendi. Çam bitkisinde tespit edilen fosfor konsantrasyonları kozalak > yaprak > dal şeklinde sıralandı.

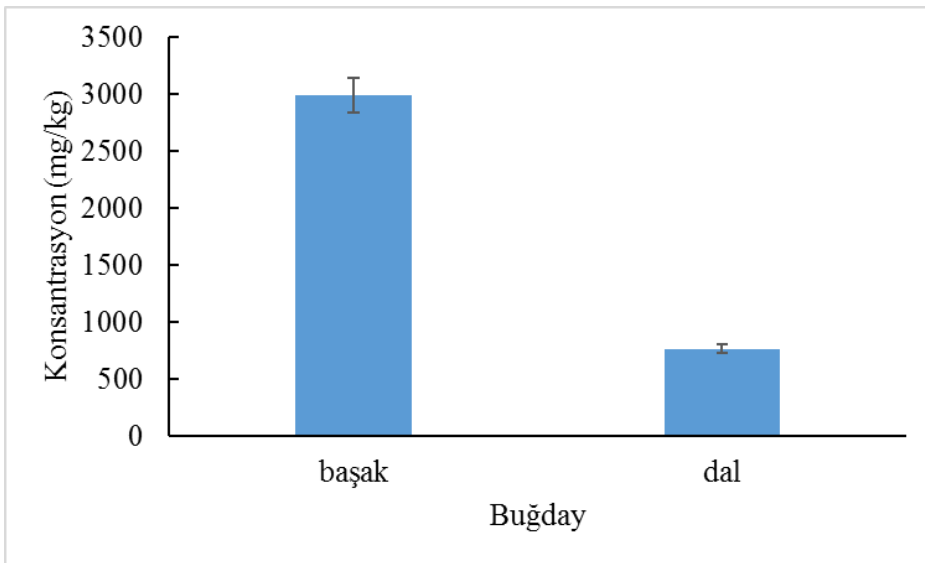
Çimento fabrikası etrafında yetişen üzüm bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen fosfor konsantrasyonları Şekil 3.23'te verilmiştir.



Şekil 3.23. Üzüm bitkisinde fosfor konsantrasyonları

Şekil 3.23'e göre üzüm bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında fosfor konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek fosfor konsantrasyonu yaprak kısmında 1210 mg/kg olarak tespit edildi. Dal kısmındaki fosfor konsantrasyonu ise 880 mg/kg olarak tespit edildi. Üzüm bitkisinde tespit edilen fosfor konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

Çimento fabrikası etrafında yetişen buğday bitkisinde (başak ve dal) tespit edilen fosfor konsantrasyonları Şekil 3.24'te verilmiştir.

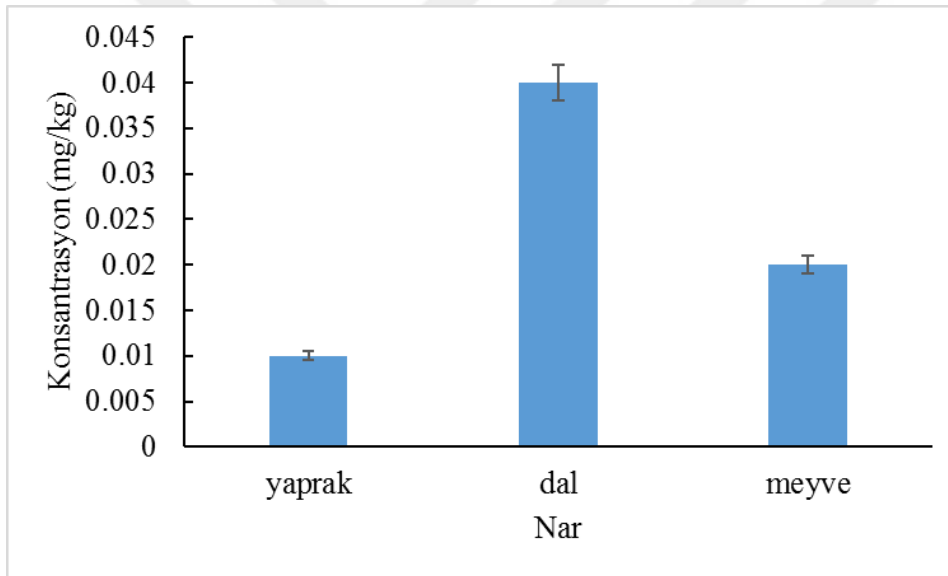


Şekil 3.24. Buğday bitkisinde fosfor konsantrasyonları

Şekil 3.24'e göre buğday bitkisinin başak ve dal kısımlarında fosfor konsantrasyonları karşılaştırıldığında fosfor konsantrasyonu dal kısmında 2990 mg/kg olarak tespit edildi. Fosfor konsantrasyonu başak kısmında ise 770 mg/kg olarak tespit edildi. Buğday bitkisinde tespit edilen fosfor konsantrasyonları kıyaslandığında, başak kısmındaki fosfor konsantrasyon değerinin dal kısmındaki fosfor konsantrasyon değerinden 4 kat fazla olduğu tespit edildi.

3.5. Bitkilerdeki Lantan (La) Konsantrasyonları

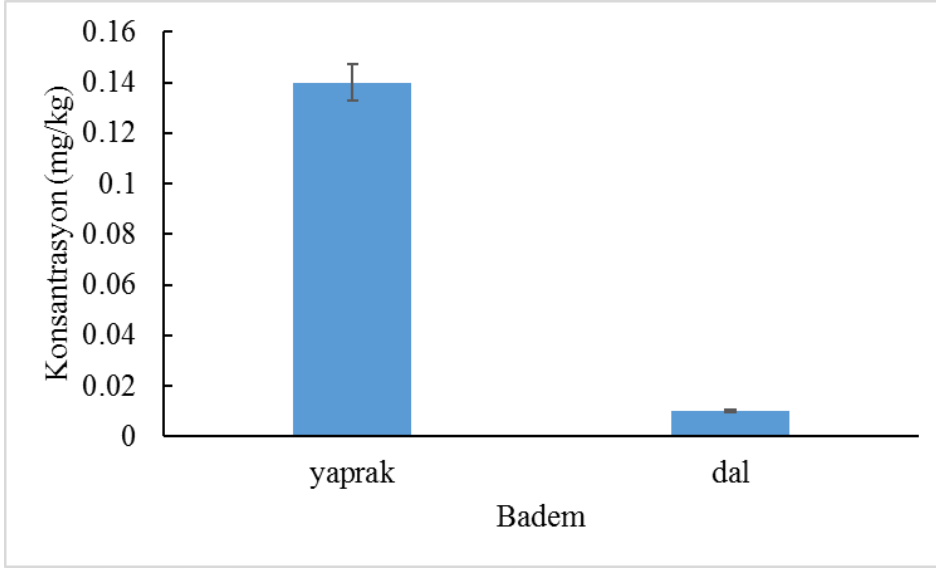
Çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinde (yaprak, dal ve meyve) tespit edilen lantan konsantrasyonları Şekil 3.25'te verilmiştir.



Şekil 3.25. Nar bitkisinde lantan konsantrasyonları

Şekil 3.25'e göre nar bitkisinin yaprak, dal ve meyve kısımlarında lantan konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek lantan konsantrasyonu dal kısmında 0,04 mg/kg olarak, en düşük lantan konsantrasyonunun ise yaprak kısmında 0,01 mg/kg olduğu tespit edildi. Lantan konsantrasyonu meyve kısmında 0,02 mg/kg olarak belirlendi. Nar bitkisinde tespit edilen lantan konsantrasyonları dal > meyve > yaprak şeklinde sıralandı.

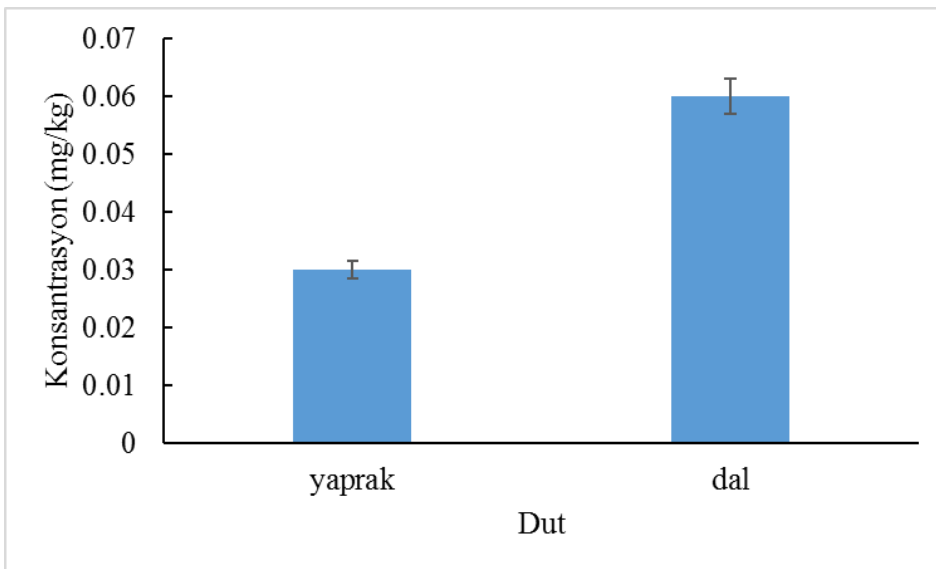
Çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen lantan konsantrasyonları Şekil 3.26'da verilmiştir.



Şekil 3.26. Badem bitkisinde lantan konsantrasyonları

Şekil 3.26 incelendiğinde badem bitkisinin yaprağında lantan konsantrasyonu 0,14 mg/kg olarak tespit edildi. Badem bitkisinin dalındaki lantan konsantrasyonu 0,01 mg/kg olarak belirlendi. Badem bitkisinde tespit edilen lantan konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

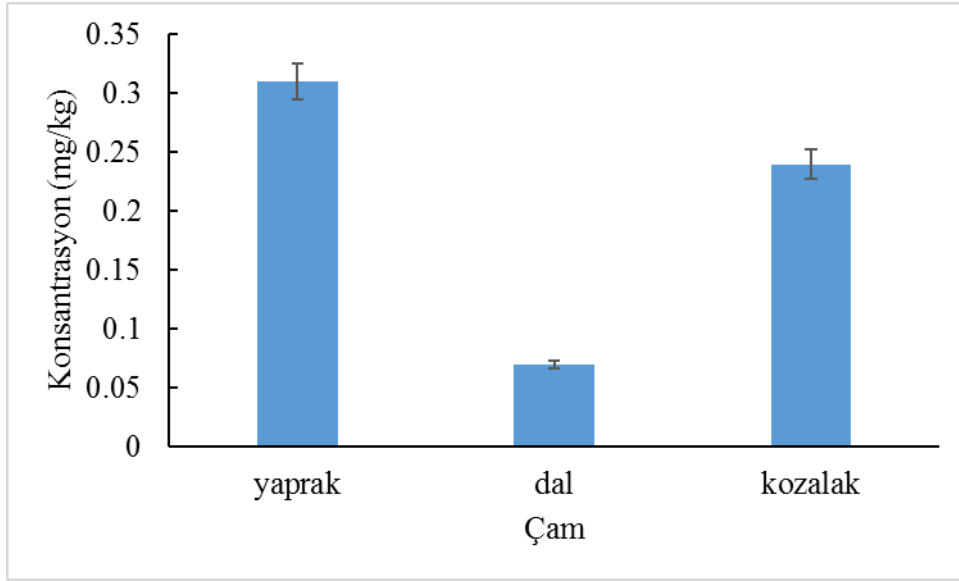
Çimento fabrikası etrafında yetişen dut bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen lantan konsantrasyonları Şekil 3.27’de verilmiştir.



Şekil 3.27. Dut bitkisinde lantan konsantrasyonları

Şekil 3.27'ye göre dut bitkisinin dalındaki lantan konsantrasyonu 0,06 mg/kg olarak yaprağındaki lantan konsantrasyonu ise 0,03 mg/kg olarak tespit edildi. Badem bitkisinde tespit edilen lantan konsantrasyonları dal > yaprak şeklinde sıralandı.

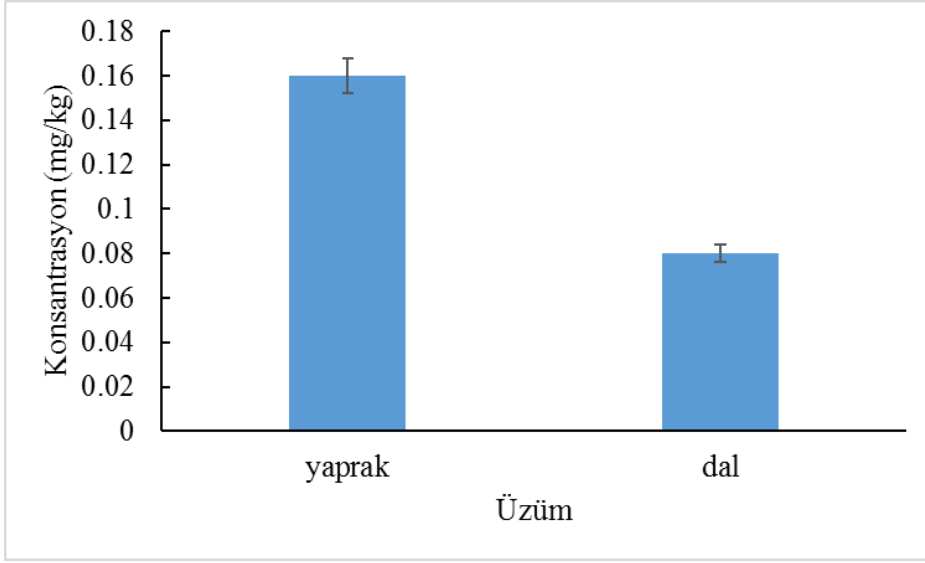
Çimento fabrikası etrafında yetişen çam bitkisinde (yaprak, dal ve kozalak) tespit edilen lantan konsantrasyonları Şekil 3.28'de verilmiştir.



Şekil 3.28. Çam bitkisinde lantan konsantrasyonları

Şekil 3.28'e göre çam bitkisinin yaprak, dal ve kozalak kısımlarında lantan konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek lantan konsantrasyonu yaprak kısmında 0,31 mg/kg olarak, en düşük lantan konsantrasyonu dal kısmında 0,07 mg/kg olarak tespit edildi. Çam bitkisinin kozalak kısmında ise lantan konsantrasyonu 0,24 mg/kg olarak belirlendi. Çam bitkisinde tespit edilen lantan konsantrasyonları yaprak > kozalak > dal şeklinde sıralandı.

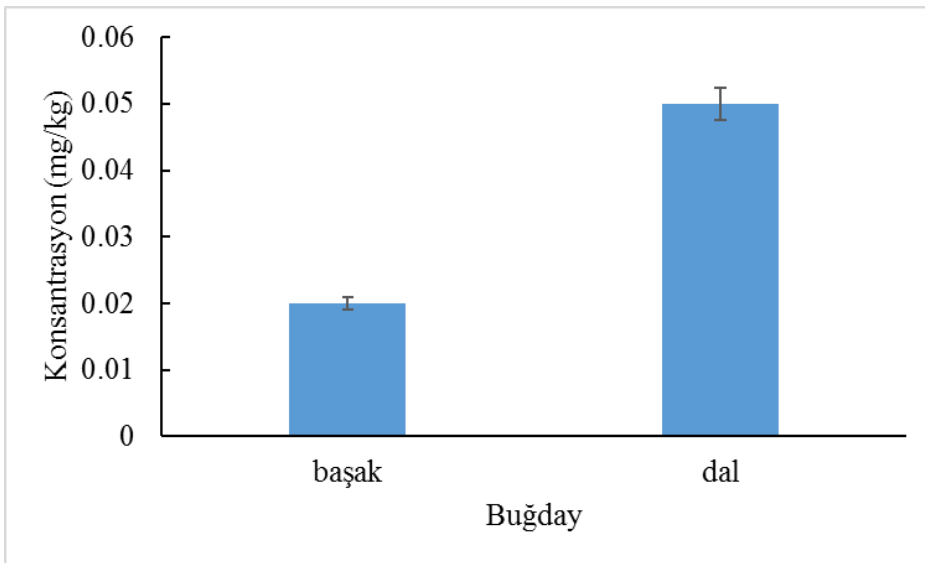
Çimento fabrikası etrafında yetişen üzüm bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen lantan konsantrasyonları Şekil 3.29'da verilmiştir.



Şekil 3.29. Üzüm bitkisinde lantan konsantrasyonları

Şekil 3.29'a göre üzüm bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında lantan konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek lantan konsantrasyonu yaprak kısmında 0,16 mg/kg olarak tespit edildi. Dal kısmındaki lantan konsantrasyonu ise 0,08 mg/kg olarak tespit edildi. Üzüm bitkisinde tespit edilen lantan konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

Çimento fabrikası etrafında yetişen buğday bitkisinde (başak ve dal) tespit edilen lantan konsantrasyonları Şekil 3.30'da verilmiştir.

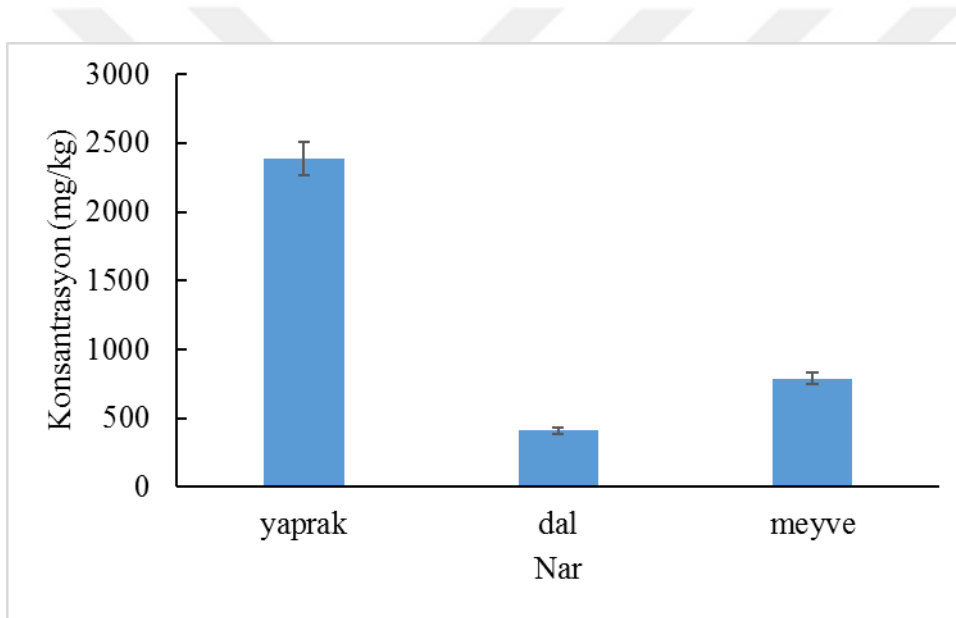


Şekil 3.30. Buğday bitkisinde lantan konsantrasyonları

Şekil 3.30'a göre buğday bitkisinin başak ve dal kısımlarında lantan konsantrasyonları karşılaştırıldığında lantan konsantrasyonu dal kısmında 0,05 mg/kg olarak başak kısmında ise 0,02 mg/kg olarak tespit edildi. Buğday bitkisinde tespit edilen lantan konsantrasyonları kıyaslandığında, başak kısmındaki lantan konsantrasyonu değerinin dal kısmındaki lantan konsantrasyonu değerinden yaklaşık 2.5 kat fazla olduğu tespit edildi.

3.6. Bitkilerdeki Magnezyum (Mg) Konsantrasyonları

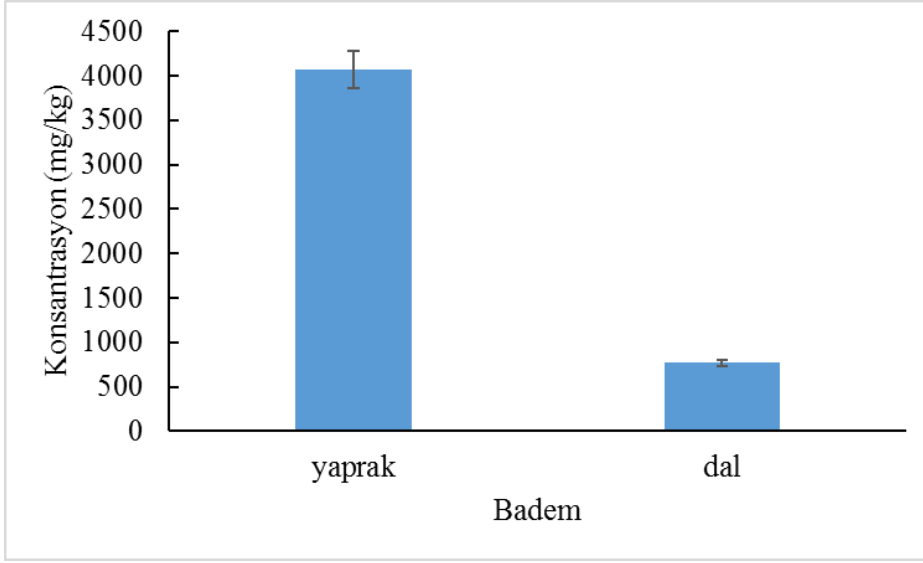
Çimento fabrikası etrafında yetişen nar bitkisinde (yaprak, dal ve meyve) tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Şekil 3.31'de verilmiştir.



Şekil 3.31. Nar bitkisinde magnezyum konsantrasyonları

Şekil 3.31'e göre nar bitkisinin yaprak, dal ve meyve kısımlarında magnezyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek magnezyum konsantrasyonu yaprak kısmında 2390 mg/kg olarak, en düşük magnezyum konsantrasyonunun ise dal kısmında 410 mg/kg olarak tespit edildi. Meyve kısmında magnezyum konsantrasyonu 790 mg/kg olarak belirlendi. Nar bitkisinde tespit edilen magnezyum konsantrasyonları yaprak > meyve > dal şeklinde sıralandı.

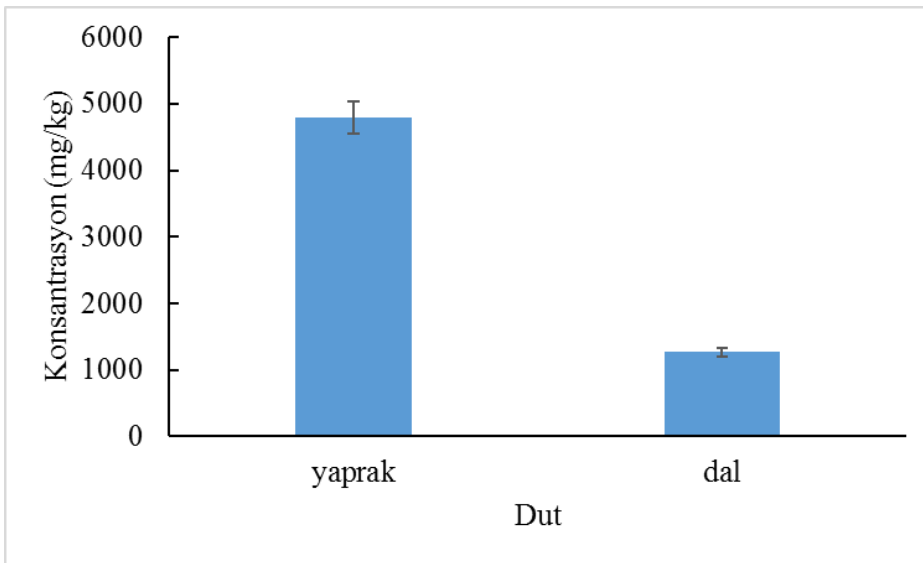
Çimento fabrikası etrafında yetişen badem bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Şekil 3.32'de verilmiştir.



Şekil 3.32. Badem bitkisinde magnezyum konsantrasyonları

Şekil 3.32 incelendiğinde badem bitkisinin yaprağında magnezyum konsantrasyonu 4070 mg/kg olarak, dalındaki magnezyum konsantrasyonu ise 770 mg/kg olarak tespit edildi. Badem bitkisinde tespit edilen magnezyum konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

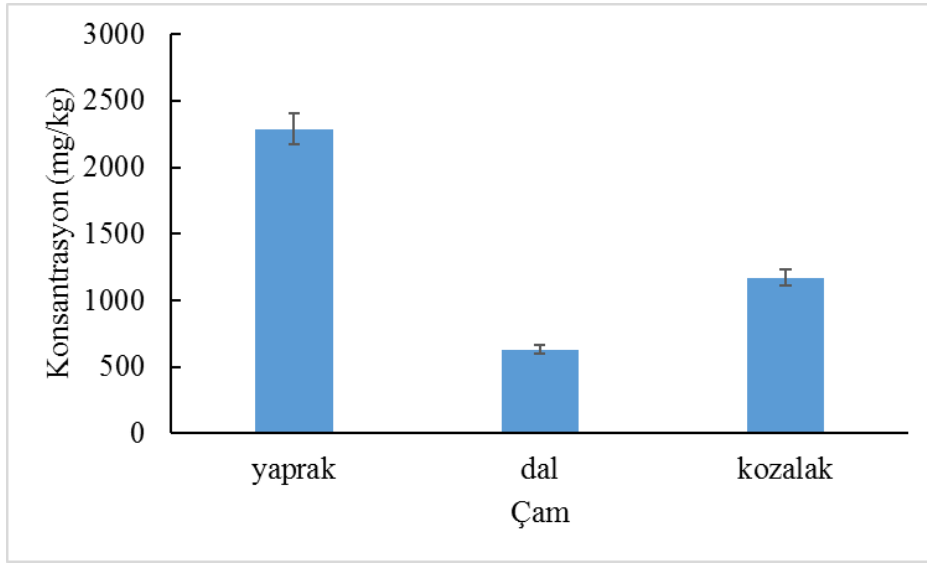
Çimento fabrikası etrafında yetişen dut bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Şekil 3.33'te verilmiştir.



Şekil 3.33. Dut bitkisinde magnezyum konsantrasyonları

Şekil 3.33'e göre dut bitkisinin yaprağındaki magnezyum konsantrasyonu 4790 mg/kg olarak dalındaki magnezyum konsantrasyonu ise 1270 mg/kg olarak tespit edildi. Badem bitkisinde tespit edilen magnezyum konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

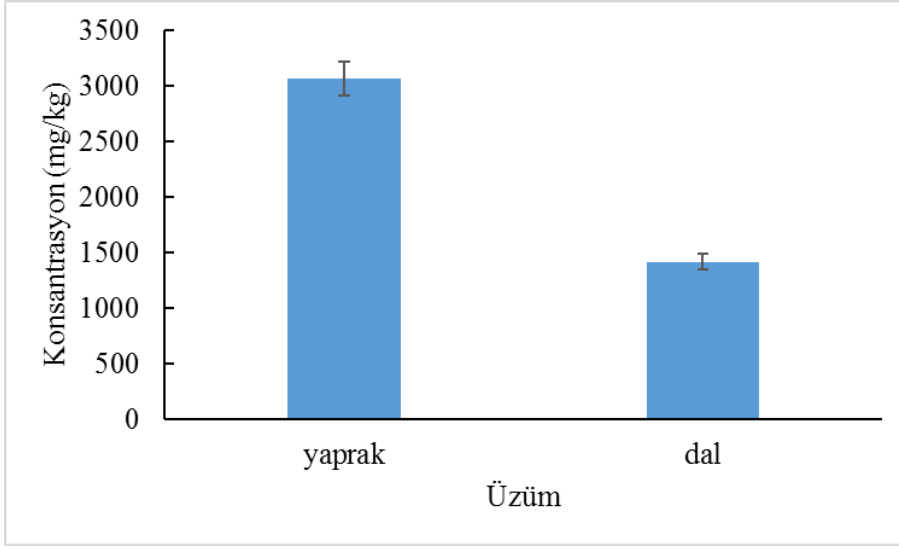
Çimento fabrikası etrafında yetişen çam bitkisinde (yaprak, dal ve kozalak) tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Şekil 3.34'te verilmiştir.



Şekil 3.34. Çam bitkisinde magnezyum konsantrasyonları

Şekil 3.34'e göre çam bitkisinin yaprak, dal ve kozalak kısımlarında magnezyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek magnezyum konsantrasyonu yaprak kısmında 2290 mg/kg olarak, en düşük magnezyum konsantrasyonu dal kısmında 630 mg/kg olarak tespit edildi. Çam bitkisinin kozalak kısmında ise magnezyum konsantrasyonu 1170 mg/kg olarak belirlendi. Çam bitkisinde tespit edilen magnezyum konsantrasyonları yaprak > kozalak > dal şeklinde sıralandı.

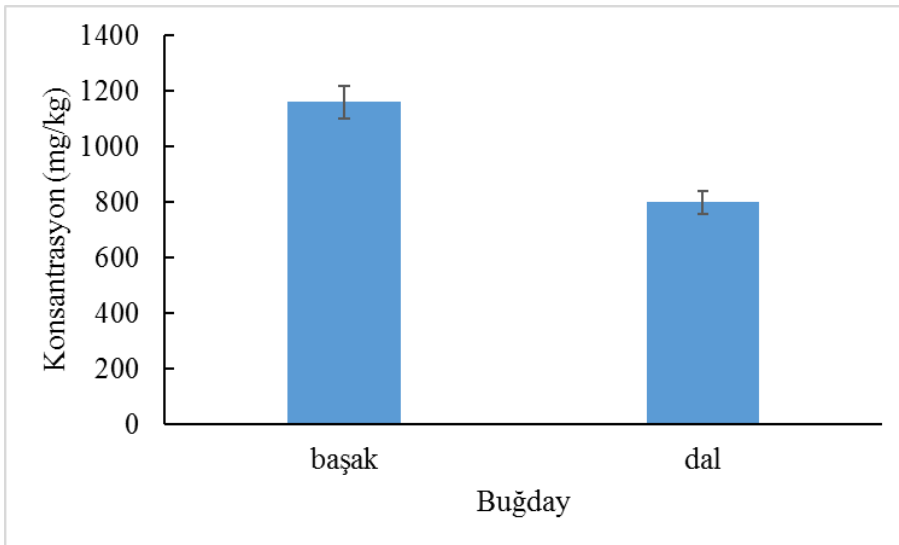
Çimento fabrikası etrafında yetişen üzüm bitkisinde (yaprak ve dal) tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Şekil 3.35'te verilmiştir.



Şekil 3.35. Üzüm bitkisinde magnezyum konsantrasyonları

Şekil 3.35'e göre üzüm bitkisinin yaprak ve dal kısımlarında magnezyum konsantrasyonları karşılaştırıldığında en yüksek magnezyum konsantrasyonu yaprak kısmında 3070 mg/kg olarak tespit edildi. Dal kısmındaki magnezyum konsantrasyonu ise 1420 mg/kg olarak tespit edildi. Üzüm bitkisinde tespit edilen magnezyum konsantrasyonları yaprak > dal şeklinde sıralandı.

Çimento fabrikası etrafında yetişen buğday bitkisinde (başak ve dal) tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Şekil 3.36'da verilmiştir.



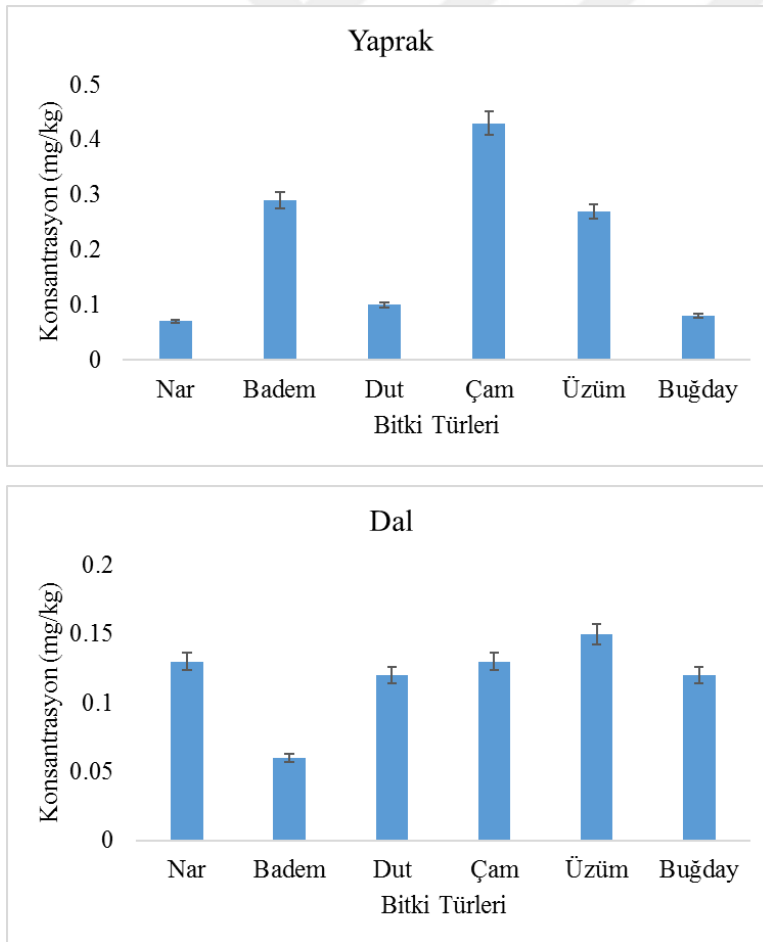
Şekil 3.36. Buğday bitkisinde magnezyum konsantrasyonları

Şekil 3.36'ya göre buğday bitkisinin dal kısmında magnezyum konsantrasyonu 800 mg/kg olarak başak kısmında ise 1160 mg/kg olarak tespit edildi. Buğday bitkisinde tespit edilen magnezyum konsantrasyonları kıyaslandığında, başak kısmındaki magnezyum konsantrasyon değerinin dal kısmındaki magnezyum konsantrasyon değerinden yaklaşık 1.4 kat fazla olduğu tespit edildi.

3.7. Bitki Türlerinde Stratejik Hammaddelerin Karşılaştırılması

3.7.1. Kobalt konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin yaprak ve dal kısmında tespit edilen kobalt konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.37'de verilmiştir.

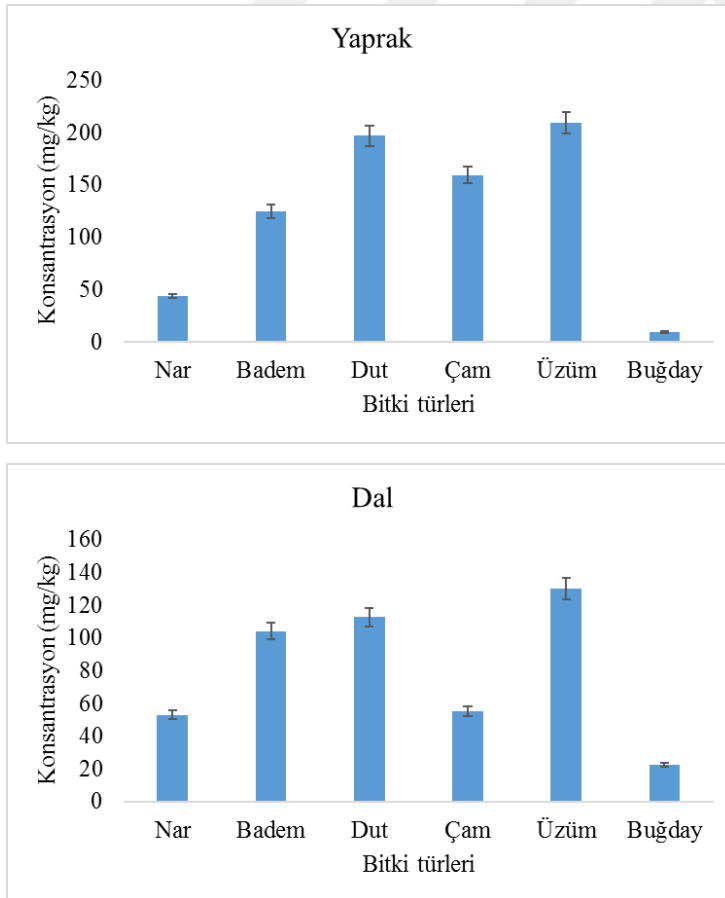


Şekil 3.37. Bitki türlerinde kobalt konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3.37 incelendiğinde bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek kobalt konsantrasyonu çam bitkisinde (0,43 mg/kg) tespit edilirken en düşük kobalt konsantrasyonu nar bitkisinde (0,07 mg/kg) tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen kobalt konsantrasyonları Çam > Badem > Üzüm > Dut > Buğday > Nar şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek kobalt konsantrasyonu üzüm bitkisinde (0,15 mg/kg) tespit edilirken en düşük kobalt konsantrasyonu badem bitkisinde (0,06 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında tespit edilen kobalt konsantrasyonları Üzüm > Nar = Çam > Dut > Buğday > Badem şeklinde sıralandı.

3.7.2. Stronsiyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin yaprak ve dal kısmında tespit edilen stronsiyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.38’de verilmiştir.

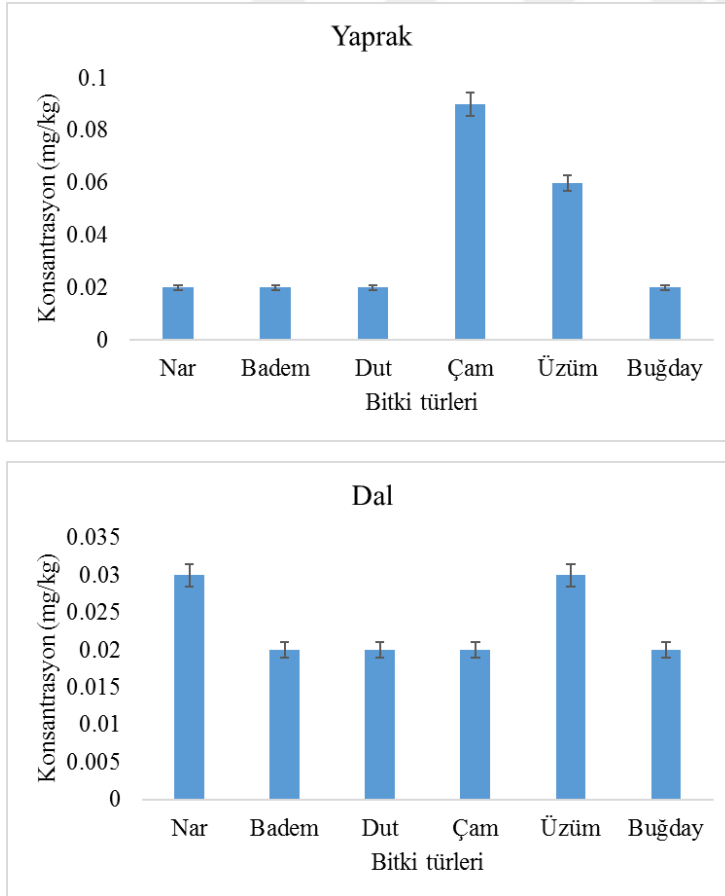


Şekil 3.38. Bitki türlerinde stronsiyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3.38 incelendiğinde bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek stronsiyum konsantrasyonu üzüm bitkisinde (209,4 mg/kg) tespit edilirken en düşük stronsiyum konsantrasyonu buğday bitkisinde (9,5 mg/kg) tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Üzüm > Dut > Çam > Badem > Nar > Buğday şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek stronsiyum konsantrasyonu üzüm bitkisinde (130 mg/kg) tespit edilirken en düşük stronsiyum konsantrasyonu buğday bitkisinde (22,5 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Üzüm > Dut > Badem > Çam > Nar > Buğday şeklinde sıralandı.

3.7.3. Antimon konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin yaprak ve dal kısmında tespit edilen antimon konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.39’da verilmiştir.

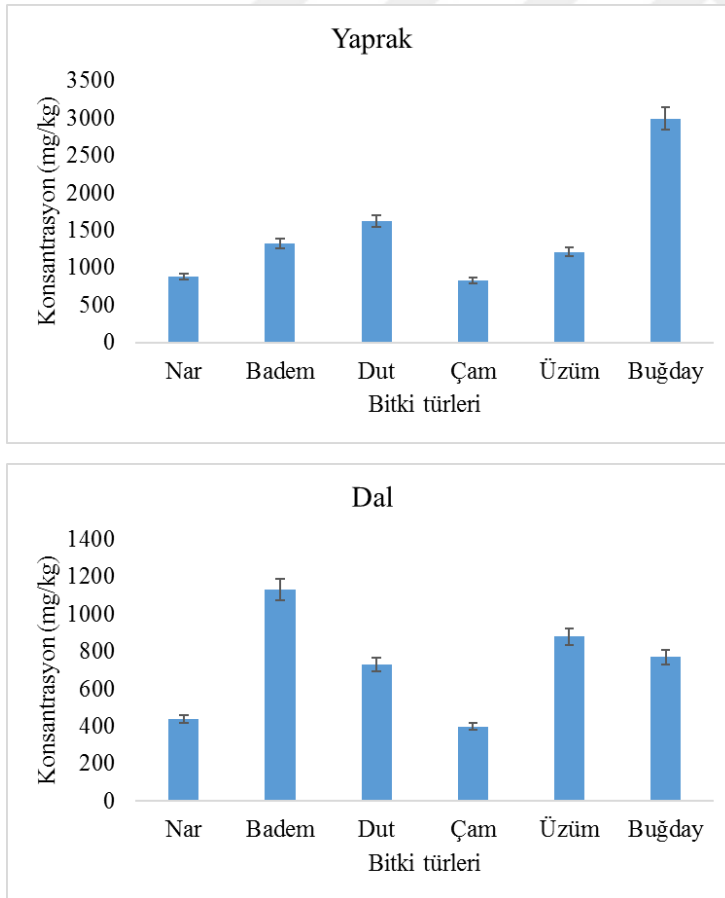


Şekil 3.39. Bitki türlerinde antimon konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3.39 incelendiğinde bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek antimon konsantrasyonu çam bitkisinde (0,09 mg/kg) tespit edilirken en düşük antimon konsantrasyonu ise nar, badem, dut ve buğday bitkilerinde (0,02 mg/kg) tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen antimon konsantrasyonları Çam > Üzüm > Buğday = Nar = Badem = Dut şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek antimon konsantrasyonu nar ve üzüm bitkilerinde (0,03 mg/kg) tespit edilirken en düşük antimon konsantrasyonu badem, dut, çam ve buğday bitkilerinde (0,02 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında tespit edilen antimon konsantrasyonları Nar = Üzüm > Dut = Badem = Çam = Buğday şeklinde sıralandı.

3.7.4. Fosfor konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin yaprak ve dal kısmında tespit edilen fosfor konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.40'ta verilmiştir.

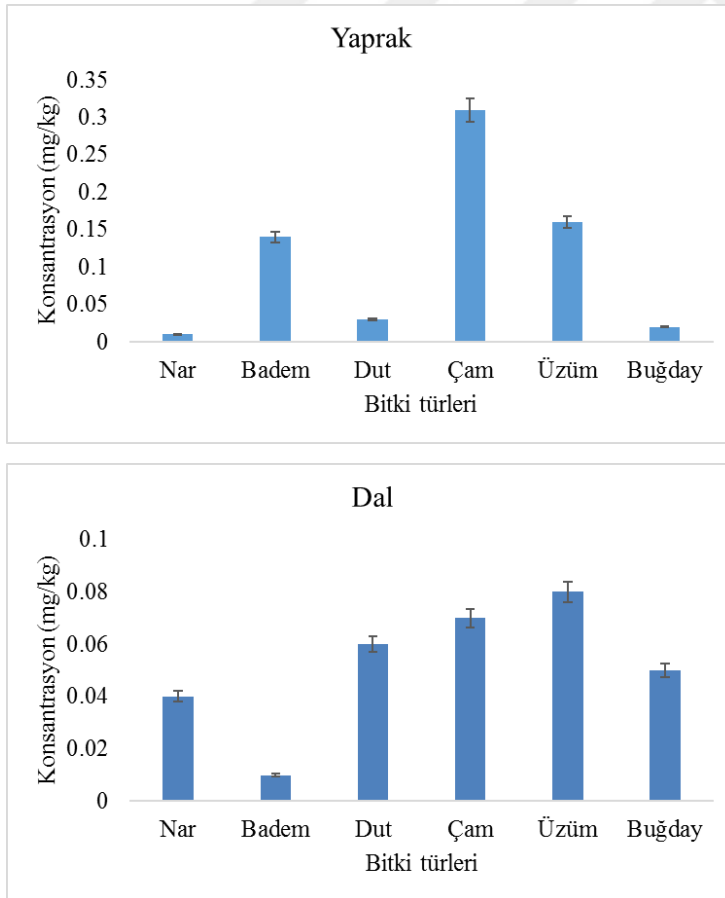


Şekil 3.40. Bitki türlerinde fosfor konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3.40 incelendiğinde bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek fosfor konsantrasyonu buğday bitkisinde (2990 mg/kg) tespit edilirken en düşük fosfor konsantrasyonu çam bitkisinde (830 mg/kg) tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen fosfor konsantrasyonları Buğday > Dut > Badem > Üzüm > Nar > Çam şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek fosfor konsantrasyonu badem bitkisinde (1130 mg/kg) tespit edilirken en düşük fosfor konsantrasyonu çam bitkisinde (400 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında tespit edilen fosfor konsantrasyonları Badem > Üzüm > Buğday > Dut > Nar > Çam şeklinde sıralandı.

3.7.5. Lantan konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin yaprak ve dal kısmında tespit edilen lantan konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.41’de verilmiştir.

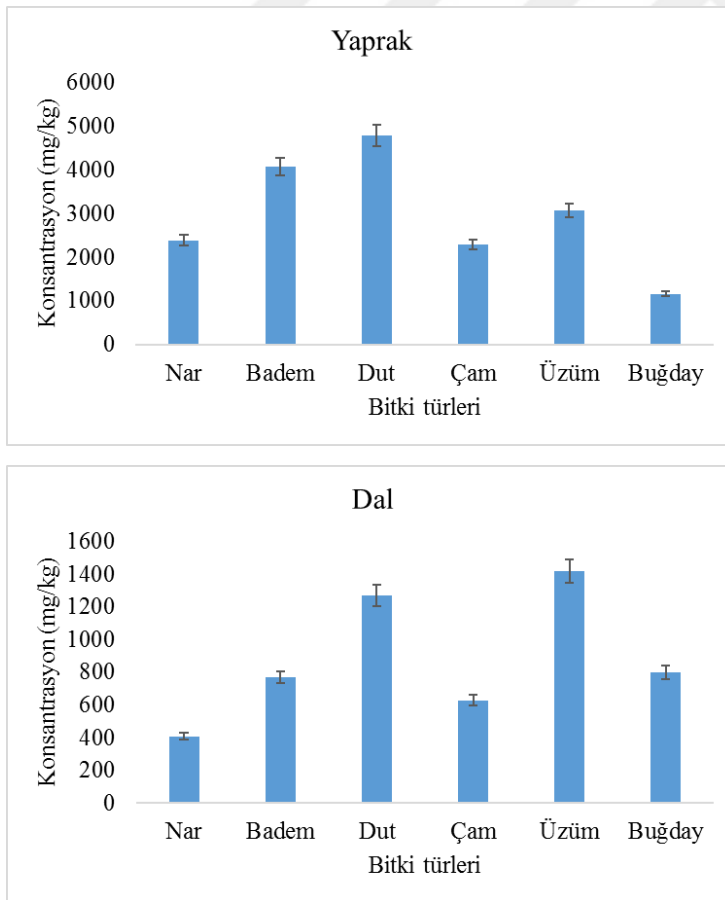


Şekil 3.41. Bitki türlerinde lantan konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3.41 incelendiğinde bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek lantan konsantrasyonu çam bitkisinde (0,31 mg/kg) tespit edilirken en düşük lantan konsantrasyonu nar bitkisinde (0,01 mg/kg) tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen lantan konsantrasyonları Çam > Üzüm > Badem > Dut > Buğday > Nar şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek lantan konsantrasyonu üzüm bitkisinde (0,08 mg/kg) tespit edilirken en düşük lantan konsantrasyonu badem bitkisinde (0,01 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında tespit edilen lantan konsantrasyonları Üzüm > Çam > Dut > Buğday > Nar > Badem şeklinde sıralandı.

3.7.6. Magnezyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Çimento fabrikası etrafında yetişen nar, badem, dut, çam, üzüm ve buğday bitkilerinin yaprak ve dal kısmında tespit edilen magnezyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3.42’de verilmiştir.



Şekil 3.42. Bitki türlerinde magnezyum konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3.42 incelendiğinde bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek magnezyum konsantrasyonu dut bitkisinde (4790 mg/kg) tespit edilirken en düşük magnezyum konsantrasyonu buğday bitkisinde (1160 mg/kg) tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Dut > Badem > Üzüm > Nar > Çam > Buğday şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek magnezyum konsantrasyonu üzüm bitkisinde (1420 mg/kg) tespit edilirken en düşük magnezyum konsantrasyonu nar bitkisinde (410 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında tespit edilen magnezyum konsantrasyonları Üzüm > Dut > Buğday > Badem > Çam > Nar şeklinde sıralandı.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında bir çimento fabrikası etrafında yetişen bazı bitki türlerinde bazı stratejik hammaddelerin konsantrasyonları tespit edildi. Bu çerçevede, bu tez kapsamında aşağıda verilen sonuçlar elde edildi.

a-) Bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek kobalt konsantrasyonu çam bitkisinde 0,43 mg/kg olarak tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen kobalt konsantrasyonları Çam > Badem > Üzüm > Dut > Buğday > Nar şeklinde sıralandı. Dal kısmında ise en yüksek kobalt konsantrasyonu üzüm bitkisinde (0,15 mg/kg) tespit edildi. Dal kısmında kobalt konsantrasyonları Üzüm > Nar = Çam > Dut > Buğday > Badem şeklinde sıralandı.

b-) Bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek stronsiyum konsantrasyonu üzüm bitkisinde 209,4 mg/kg olarak, en düşük stronsiyum konsantrasyonu buğday bitkisinde 9,5 mg/kg olarak belirlendi. Yaprak kısmında tespit edilen stronsiyum konsantrasyonları Üzüm > Dut > Çam > Badem > Nar > Buğday şeklinde dal kısmında ise Üzüm > Dut > Badem > Çam > Nar > Buğday şeklinde sıralandı.

c-) Bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek antimon konsantrasyonu çam bitkisinde 0,09 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük antimon konsantrasyonu ise nar, badem, dut ve buğday bitkilerinde 0,02 mg/kg olarak tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen antimon konsantrasyonları Çam > Üzüm > Buğday = Nar = Badem = Dut şeklinde dal kısmında ise Nar = Üzüm > Dut = Badem = Çam = Buğday şeklinde sıralandı.

d-) Bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek fosfor konsantrasyonu buğday bitkisinde 2990 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük fosfor konsantrasyonu çam bitkisinde 830 mg/kg olarak belirlendi. Yaprak kısmında tespit edilen fosfor konsantrasyonları Buğday > Dut > Badem > Üzüm > Nar > Çam şeklinde sıralanırken dal kısmında tespit edilen fosfor konsantrasyonları Badem > Üzüm > Buğday > Dut > Nar > Çam şeklinde sıralandı.

e-) Bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek lantan konsantrasyonu çam bitkisinde 0,31 mg/kg olarak en düşük lantan konsantrasyonu nar bitkisinde 0,01 mg/kg olarak tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen lantan konsantrasyonları Çam > Üzüm > Badem > Dut > Buğday > Nar şeklinde sıralandı. Dal kısmında tespit edilen lantan konsantrasyonları ise Üzüm > Çam > Dut > Buğday > Nar > Badem şeklinde sıralandı.

f-) Bitki türlerinin yaprak kısmında en yüksek magnezyum konsantrasyonu dut bitkisinde 4790 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük magnezyum konsantrasyonu buğday bitkisinde 1160 mg/kg olarak tespit edildi. Yaprak kısmında tespit edilen magnezyum

konsantrasyonları Dut > Badem > Üzüm > Nar > Çam > Buğday şeklinde sıralandı. Dal kısmında tespit edilen magnezyum konsantrasyonları ise Üzüm > Dut > Buğday > Badem > Çam > Nar şeklinde sıralandı.

Sonuç olarak, çimento fabrikası etrafında yetişen bitki türlerinde bazı stratejik hammaddelerin varlığı bu tez çalışmasıyla tespit edildi. Bazı stratejik hammaddelerin konsantrasyonları oldukça yüksek çıkarken bazı stratejik hammaddelerin konsantrasyonları ise oldukça düşük çıkmıştır. Bu durum hem bölgenin yapısından hem de çimento fabrikasından çıkan toz emisyonlarından kaynaklanabilir. Bu nedenle, söz konusu tesislerin etrafında yetişen bitkilerde stratejik hammaddelerin var olup olmadığının belirlenmesi için izleme çalışmalarının yapılması önerilebilir.



5. KAYNAKLAR

- Andrew, M.R.**, 2018. Global CO₂ emissions from cement production. *Earth Syst. Sci. Data*, 10:195-217.
- ATSDR**, 1992. "Toxicological Profile for Antimony and Compounds". <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp23.pdf>
- Avedesian M., Baker H.**, 1999. ASM Specialty Handbook: Magnesium and Magnesium Alloys. ASM International, 350s.
- Bamigboye G.O., Olukanni D.O., A.A. Adedeji, Ojewumi M.O., Jolayemi K.J.**, 2018. Experimental and modelling of flexural strength produced from granite-gravel combination in self compacting concrete. *Int. J. Civ. Eng. Technol.* 9:437-447.
- Binnemans, K., Jones, P.T., Blanpain, B., Van Gerven, T., Yang, Y., Walton, A., Buchert, M.**, 2013. Recycling of rare earths: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 51:1-22.
- Blagoeva, D., Aves Dias, P., Marmier, A., Pavel C.**, 2016. Assessment of potential bottlenecks along the materials supply chain for the future deployment of low-carbon energy and transport technologies in the EU. Wind power, photovoltaic and electric vehicles technologies, time frame: 2015-2030. European Commission, DG Joint Research Centre (No. EUR 28192 EN).
- Cao M.L., Ming X., He K.Y., Li L., Shen S.**, 2019. Effect of macro, micro and nano calcium carbonate on properties of cementitious composites A review. *Materials (Basel)*, 12:781.
- Charles, R.G., Douglas, P., Dowling, M., Liversage, G., Davies, M.L.**, 2020. Towards increased recovery of critical raw materials from WEEE-evaluation of CRMs at a component level and pre-processing methods for interface optimisation with recovery processes. *Resour Conserv Recycl.* 161:104923.
- Cheriyen D., Choi J.**, 2020. A review of research on particulate matter pollution in the construction industry. *J. Clean. Prod.* 254:120077.
- Chi, L., Tian, J.**, 2007. Review of weathered rare earth ore. *J. Chin. Rare Earth Soc.* 25:641-652.
- Clark, A.M.**, 1984. Mineralogy of the rare earth elements. Rare Earth Element Geochemistry 2. Elsevier, Amsterdam, pp. 33-61.
- Cobalt Development Institute**, 2016. Cobalt Supply & Demand 2015, Cobalt Facts, *Conserv. Recycl.* 74, 1-7.

- Cooper, J., Lombardi, R., Boardman, D., Carliell-Marquet, C.,** 2011. The future distribution and production of global phosphate rock reserves. *Resour. Conserv. Recycl.* 57, 78-86.
- Cordell, D., Drangert, J.-O., White, S.,** 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Glob. Environ. Change*, 19:292-305.
- Coudert, F.-X.,** 2015. Strontium's scarlet sparkles. *Nat. Chem*, 7:940.
- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Lenny Koh, S.C., Rosa, P.,** 2015. Recycling of WEEEs: an economic assessment of present and future e-waste streams. *Renew Sustain Energy Rev*, 51:263-272.
- Darton Commodities Ltd.,** 2020. Cobalt Market Review 2019-2020. Guildford.10s.
- Dietl, C., Reifenhäuser, W., Peichl, L.,** 1997. Association of antimony with traffic occurrence in airborne dust, deposition and accumulation in standardized grass cultures. *Sci. Total Environ.* 205:235-244.
- Ding L., Chen K.L., Cheng S.G., Wang X.,** 2015. Water ecological carrying capacity of urban lakes in the context of rapid urbanization: A case study of East Lake in Wuhan. *Physics and Chemistry of the Earth*, 89:104-113.
- Elser, J., Bennett, E.,** 2011. A broken biogeochemical cycle. *Nature*, 478:29-31.
- Emsley, J.,** 2011. Nature's Building Blocks: An AZ Guide to the Elements. Oxford University Press, 720s.
- Esmaily, M., Svensson, J.E., Fajardo, S., Birbilis, N., Frankel, G.S., Virtanen, S., Arrabal, R., Thomas, S., Johansson, L.G.,** 2017. Fundamentals and advances in magnesium alloy corrosion. *Prog. Mater. Sci.* 89:92-193.
- EC,** 2020a. Study on the EU's List of Critical Raw Materials-Final Report (2020).
- EC,** 2020b. Communication 'Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU, A Foresight, Study, ISBN 978-92-76-15337-5, p100.
- EC,** 2020c. Raw Materials Study on the EU's list of Critical Raw Materials Final Report. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42883/attachments/1/translations/en/renditions/native> (21.05.2021).
- Farahani, J.N., Shafigh, P., Alsubari, B., Shahnazar, S., Mahmud, H.B.,** 2017. Engineering properties of lightweight aggregate concrete containing binary and ternary blended cement. *J. Clean. Prod.* 149:976-988.
- Frietsch, R., Perdahl, J.A.,** 1995. Rare earth elements in apatite and magnetite in Kirunatype iron ores and some other iron ore types. *Ore Geol. Rev.*, 9:489-510.

- Gao, H.**, 2003. Noise control engineering, Wu Hang University of Science and Technology Press.
- Gao, X., Wen, G., Guo, Z.**, 2018. Durable superhydrophobic and underwater superoleophobic cotton fabrics growing zinc oxide nanoarrays for application in separation of heavy/light oil and water mixtures as need Colloids and Surfaces A: *Physicochemical and Engineering Aspects*. 559: 115-126.
- Gonzalez-Corominas, A., Etxeberria, M., Poon, C.S.**, 2016. Influence of the quality of recycled aggregates on the mechanical and durability properties of high performance concrete. *J. Waste Biomass Valoriz.* 8:1421-1432.
- Greenfield, A., Graedel, T.E.**, 2013. The omnivorous diet of modern technology. *Resources, Conservation and Recycling*, 74:1-7.
- Gregg, J.S., Andres, R.J., Marland, G.**, 2008. China: Emissions pattern of the world leader in CO₂ emissions from fossil fuel consumption and cement production. *Geophys. Res. Lett.* 35:1-6.
- Grey, H.H., Canter, L.**, 2011. Plants Environmental Impact Assessments for Cement Plants, Inter-American Development Bank, 45s.
- Gray, T.**, 2012. The Elements, a Visual Exploration of Every Known Atom in the Universe. Black Dog & Leventhal Publishers, Inc, NY, 240s.
- Gschneidner Jr., K.A.**, 1980. Rare earth speciality inorganic chemicals. Symposium on Speciality Inorganic Chemicals. *The Royal Society of Chemistry*, 403-443.
- Gschneidner, K.A., Eyring, L., Lander, G.H.**, 2002. Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths. Elsevier, 32s.
- Gunatilake, U.B., Bandara, J.**, 2017. Fabrication of highly hydrophilic filter using natural and hydrothermally treated mica nanoparticles for efficient waste oil-water separation. *J Environ Manage.* 191:96-104.
- Gupta, C.K., Krishnamurthy, N.**, 2004. Extractive Metallurgy of Rare Earths. CRC Press, 484s.
- Gupta, D., Deb, U., Walther, C., Chatterjee, S.**, 2018. Strontium in the ecosystem: transfer in plants via root system. In: Gupta, D., Walther, C. (Eds.), Behaviour of Strontium in Plants and the Environment. Springer, Switzerland, *Cham*, 18ss.
- Habashi, F.**, 1997. Handbook of Extractive Metallurgy, Volume II, WILEY-VCH, Germany, 484s.
- Hawkins, M.**, 2001. Why we need cobalt. *Appl. Earth Sci.* 110:66-70.

- He, Z., Shen, A., Lyu, Z., Li, Y., Wu, H., Wang, W.,** 2020. Effect of wollastonite microfibers as cement replacement on the properties of cementitious composites: A review, *Constr. Build. Mater.* 261:119920.
- He, Z.M., Shen, A.Q., Guo, Y.C., Lyu, Z.H., Li, D.S., Qin, X.,** 2019. Cement-based materials modified with superabsorbent polymers: A review, *Constr, Build. Mater.* 225:s569-590.
- Holgersson, S., Steenaria, B.M., Björkmanb, M., Cullbrand, K.,** 2018. Analysis of the metal content of small-size Waste Electric and Electronic Equipment (WEEE) printed circuit boards-Part 1: internet routers, mobile phones and smartphones. *Resour. Conserv. Recycl.* 133:300-308.
- Huntzinger, D.N., Eatmon, T.D.,** 2009. A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies. *J. Clean. Prod.* 17:668-675.
- IPCC,** 2014. Climate change 2014: mitigation of climate change chapter 10: industry. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf).
- Ismail, R., Ciobanu, C.L., Cook, N.J., Teale, G.S., Giles, D., Mumm, A.S., Wade, B.,** 2014. Rare earths and other trace elements in minerals from skarn assemblages, hill- side iron oxide–copper–gold deposit, *Lithos*, 184:456-477.
- Jadoon, S., Ahmad Amin, A., Malik, A., Kamal, H.,** 2016. Soil pollution by the cement industry in the Bazian Vicinity, Kurdistan Region. *J. Environ. Analyt. Toxicol.* 6:6.
- Jaireth, S., Hoatson, D.M., Miezeitis, Y.,** 2014. Geological setting and resources of the major rare-earth-element deposits in Australia. *Ore Geol. Rev.* 62:72-128.
- Jasinski, S.,** 2021. Phosphate Rock Statistics and Information. <https://www.usgs.gov/centers/nmic/phosphate-rock-statistics-and-information> (07.06.2021).
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H.,** 1992, *Trace Elements in Soils and Plants*, CRC Press Inc., Florida, 140s.
- Kang, L., Wang, B., Zeng, J., Cheng, Z., Li, J., Xu, J., Gao, W., Chen, K.,** 2020. Degradable dual superlyophobic lignocellulosic fibers for high-efficiency oil/water separation, *Green Chem*, 22:504-512.
- Kastanaki, E., Giannis, A.,** 2022. Forecasting quantities of critical raw materials in obsolete feature and smart phones in Greece: A path to circular economy. *Journal of Environmental Management*, 307:114566
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M.,** 2009. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecol. Econ.* 68:2696-2705.

- Krystofik, M., Bustamante, M., Badami, K.,** 2018. Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resour. Conserv. Recycl.* 135:24-33.
- Kuzmin, V.I., Pashkov, G.L., Lomaev, V.G., Voskresenskaya, E.N., Kuzmina, V.N.,** 2012. Combined approaches for comprehensive processing of rare earth metal ores. *Hydrometallurgy*, 129:1-6.
- Li, L., Xu, S., Ju, Z., Wu, F.,** 2009. Recovery of Ni, Co and rare earths from spent Ni–metal hydride batteries and preparation of spherical Ni(OH)₂. *Hydrometallurgy*, 100:41-46.
- Lottermoser, B.G.,** 1992. Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes. *Ore Geol. Rev.* 7:25-41.
- Madlool, N.A., Saidur, R., Hossain, M.S., Rahim, N.A.,** 2011. A critical review on energy use and savings in the cement industries. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 15:2042-2060.
- Maksimovic, Z., Panto, G.Y.,** 1991. Contribution to the geochemistry of the rare earth elements in the karst-bauxite deposits of Yugoslavia and Greece. *Geoderma*, 51:93-109.
- Malhotra V.M.,** 2004. Role of supplementary cementing materials and superplasticizers in reducing greenhouse gas emissions Proceedings of ICFRC International Conference on Fiber Composites, High-Performance Concrete, and Smart Materials, Chennai, India, 489-499.
- Matsubae, K., Kajiyama, J., Hiraki, T., Nagasaka, T.,** 2011. Virtual phosphorus ore requirement of Japanese econom.. *Chemosphere*, 84:767-772.
- Mehta, P.K., & Monteiro, P.J.,** 2006. Concrete: microstructure, properties, and materials (Vol. 3): McGraw-Hill New York. 120s.
- Meng, J., J. Liu, Fan, S., Kang, C., Yi, K., Cheng, Y.,** 2016. Potential health benefits of controlling dust emissions in Beijing, *Environ Pollut.* 213:850-859.
- Mymrin, V., Pedroso, D.E., Pedroso, C., Alekseev, K., Avanci, M.A., Winter, Jr. E., Cechin, L., Rolim, P.H.B., Iarozinski, A., Catai, R.E.,** 2018. Environmentally clean composites with hazardous aluminum anodizing sludge, concrete waste, and lime production waste. *J. Clean. Prod.* 174:380-388.
- N"attorp, A., Kabbe, C., Matsubae, K., Ohtake, H.,** 2019. Development of Phosphorus Recycling in Europe and Japan. *Phosphorus Recovery and Recycling*. Springer, Singapore, 3-28.
- Nayeb-Hashemi, A.A., Clark, J.B.,** 1988. A. International, Phase Diagrams of Binary Magnesium Alloys, in: ASM International, Metals Park, 152s.

- Nriagu, J.O.**, 1989, 'Natural vs Anthropogenic Emissions of Trace Metals to the Atmosphere', in Pacyna, J. M. and Ottar, B. (eds.) *Control and Fate of Atmospheric Trace Metals*, NATO ASI Series, Vol. 268, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Peek, E., Åkre, T., Asselin, E.**, 2009. Technical and business considerations of cobalt hydrometallurgy. *JOM*, 61:43-53.
- Radtke, A.S.**, 1936. Geology of the Carlin Gold Deposit, Nevada, U.S. *Geol. Surv. Prof. Pap.* 1267-1985:75–76.
- Ren, D.M., Yan, C.J., Duan, P., Zhang, Z.H., Li, L.Y., Yan, Z.Y.**, 2017. Durability performances of wollastonite, tremolite and basalt fiber-reinforced metakaolin geopolymer composites under sulfate and chloride attack. *Constr. Build. Mater.*, 134: 56-66.
- Scholz, R.W., Roy, A.H., Hellums, D.T.**, 2014. Sustainable Phosphorus Management- A Global Transdisciplinary Roadmap, in: Sustainable Phosphorus Management. *Springer, Dordrecht*, 1-128.
- Schwatka, N. V, Butler, L. M., & Rosecrance, J. R.**, 2012. An Aging Workforce and Injury in the Construction Industry. *Epidemiol Rev*, 34:156-167.
- Seddon, M.**, 2001. The cobalt market-current volatility versus future stability. *Appl. Earth Sci.* 110:71-74.
- Shen, W., Cao, L., Li, Q.**, 2015. Quantifying CO₂ emissions from China's cement industry, *Renew. Sust. Energ. Rev.* 50:1004-1012.
- Soltanzadeh, F., Emam-Jomeh, M., Edalat-Behbahani, A., Soltan-Zadeh, Z.**, 2018. Development and characterization of blended cements containing seashell powder. *Constr. Build. Mater.* 161:292-304.
- Song G., Atrens A.**, 2003. Understanding magnesium corrosion-a frame- work for improved alloy performance. *Adv. Eng. Mater.*, 5:837–858.
- Song, G.L., Atrens, A.**, 1999. Corrosion mechanisms of magnesium alloys, *Adv. Eng. Mater.*, 1:11-33.
- Song, J., She, J., Chen, D., Pan, F.**, 2020. Latest research advances on magnesium and magnesium alloys worldwide. *J. Mg. Alloys*, 8:1-41.
- Stajanca, M., & Estokova, A.**, 2012. Environmental Impacts of Cement Production. Technical University of Kosice, Civil Engineering Faculty, Institute of Architectural Engineering, 296-302.
- Stwertka, A.**, 2012. A Guide to the Elements. third ed. Oxford University Press, 121s.

- Ulusu, H., Aruntas, H.Y., Gencel, O.,** 2016. Investigation on characteristics of blended cements containing pumice. *Constr. Build. Mater.* 118:11-19.
- URL-1,** 2020. Trading Economics, Cement Production. 2020. Retrieved from <https://tradingeconomics.com/country-list/cement-production>. 16.12.2020
- URL-2,** 2020. NASA, The Causes of Climate Change. Retrieved from <https://climate.nasa.gov/causes/>. 09.08.2021
- URL-3,** 2020. Emission data from the official Spanish registry of emissions EPER: <http://www.prtr-es.es>. 19.10.2020
- URL-4,** 2020. <http://www.prtr-es.es32>. 23.07.2020
- van der Voet, G.B., de Wolff, F.A.,** 1996, ‘Human Exposure to Lithium, Thallium, Sb, Gold, and Platinum’, in Chang, L., Magos, L. and Suzuki, T. (eds.), *Toxicology of Metals*, CRC Press, U.S.A.
- Wang, X., Jiao, Y., Du, Y., Ling, W., Wu, L., Cui, T., Weng, S.,** 2013. REE mobility and Ce anomaly in bauxite deposit of WZD area, Northern Guizhou, China. *J. Geochem. Explor.* 133:103-117.
- Wi K., Lee H.S., Lim S., Song H., Hussin M.W., Ismail M.A.,** 2018. Use of an agricultural by-product, nano sized Palm Oil Fuel Ash as a supplementary cementitious material, *Constr. Build. Mater.* 183:139-149.
- Xu, X., Lu, S., Xie, Q., Chu, G., Xiong, Y.,** 2006. Rare earth element geochemistry on magmatic rocks and gold deposits in Shizishan ore-field of Tongling, China. *J. Rare Earths*, 24:617-625.
- Yan, Y., He, L., Li, Y., Tian, D., Zhang, X., Liu, K., Jiang, L.,** 2019. Unidirectional liquid transportation and selective permeation for oil/water separation on a gradient nanowire structured surface. *J Membrane Sci.* 582:246-253.
- Yi, Y., Tu, H., Zhou, X., Liu, R., Wu, Y., Li, D., Wang, Q., Shi, X., Deng, H.,** 2019. Acrylic acidgrafted pre-plasma anofibers for efficient removal of oil pollution from aquatic environment. *J Hazard Mater.* 371:165-174.
- Young, R.S.,** 1957. The geochemistry of cobalt. *Geochim. Cosmochim. Acta* 13:28-41.
- Zainudeen, N., Jeyamathn, J.,** 2004. Cement and its effect to the environment : A case study in SriLanka, University of Moratuwa, *Department of Building Economics*, pp. 1408-1416.
- Zhang C., Yuan S., Li D.,** 2020. Comprehensive control of the noise occupational hazard in cement plant, *Procedia Eng.* 43 186-190.

- Zhang, D., Li, L., Wu, Y., Sun, W., Wang, J., Sun, H., 2018.** One-step method for fabrication of superhydrophobic and uperoleophilic surface for water-oil separation, *Colloids Surf A*, 552:32-38.
- Zhao, Y., Yu, M., Xiang, Y., Kong, F., Li, L., 2020.** A sustainability comparison between green concretes and traditional concrete using an emergy ternary diagram, *J. Clean. Prod*, 256:120421.

