

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KULLANIM SÜRESİNİ TAMAMLAMIŞ EMPRENYELİ AĞAÇ  
MALZEMELERİN YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİ OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI

139205

Orm. End.Yük. Müh. Engin Derya GEZER

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Doktor"  
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.28.2003  
Tezin Savunma Tarihi : 30.09.2003

138205

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ümit C. YILDIZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ramazan KANTAY

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mustafa USTA

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Trabzon 2003

T.C. YÖKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## ÖNSÖZ

“Kullanım Süresini Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemelerin Yeniden Değerlendirilmesi Olanaklarının Araştırılması” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora danışmanlığımı üstlenerek her türlü çalışmaların yürütülmesi sırasında her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen, değerli tavsiyelerinden ve bilgilerinden yararlandığım Sayın Hocam Doç. Dr. Ümit C. YILDIZ’a, bilgi ve tavsiyelerinden istifade ettiğim Sayın Hocalarım Prof. Dr. Ramazan KANTAY’a, Prof. Dr. Mustafa USTA, Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU ve Prof. Dr. Hüseyin KIRCI’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Tezin istatistiksel analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında XRF Laboratuvarını kullanımına sunan, görüş ve önerilerinden faydalandığım Sayın Hocalarım Prof. Dr. Ali İhsan KOPYA’ya ve Doç. Dr. Engin TIRAŞOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

Toprak örneklerinin alınması ve analizleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın Yrd. Doç. Dr. Turan YÜKSEK’e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Trabzon TEDAŞ Bölge Müdürlüğü yetkililerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında değerli görüş ve tavsiyelerinden yararlandığım Dr. Paul COOPER’a, Dr. John RUDDICK’e ve Dr. Carol CLAUSEN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Literatür taraması sırasında, birçok uluslararası dergilere ulaşılmasını sağlayan Rektör Danışmanı Sayın Doç. Dr. Orhan AYDIN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Araştırma boyunca yardım ve desteklerini gördüğüm kıymetli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Aileme, arkadaşlarıma ve Catherine LU’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Engin Derya GEZER  
Trabzon, 2003

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XXI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2. CCA Emprenye Maddeleri.....	4
1.2.1. CCA Emprenye Maddelerinin Odundaki Fiksasyonu.....	6
1.2.2. Fiksasyon Reaksiyonlarını Etkileyen Faktörler.....	11
1.2.2.1 Sıcaklık ve Rutubet.....	12
1.2.2.2. Çözelti Konsantrasyonu ve pH.....	14
1.2.2.3 Odun Türü.....	16
1.2.2.4. Çözelti Formülasyonu.....	17
1.2.2.5 Retensiyon Miktarı.....	18
1.3. CCA Emprenye Maddelerinin Yıkanma Mekanizması .....	19
1.3.1. Emprenyenin ve Fiksasyonun Yıkanmaya Etkisi.....	19
1.3.2. Ortam Koşullarının Yıkanmaya Etkisi.....	21
1.3.3 Ağaç Malzemenin Boyutları.....	21
1.3.4. Odun Türü.....	22
1.3.5. Ağaç Malzemenin Serviste Bulunma Süresi.....	23
1.3.6. pH, Tuzluluk Derecesi, Sıcaklık ve Organik ve İnorganik Bileşiklerin Yıkanmaya Etkisi.....	23
1.3.7. CCA Yıkanma Araştırmaları.....	25
1.4. Tel Direklerinin Hazırlanması ve Emprenyesi.....	26
1.4.1. Tel Direklerinin Hazırlanması.....	26

1.4.2. Emprenyeden önce yapılan mekanik işlemler.....	30
1.4.3 Tel Direklerinin Emprenyesi.....	31
1.4.3.1. Basınç Uygulayan Yöntemler.....	31
1.4.3.1.1. Dolu Hücre Yöntemleri.....	32
1.4.3.1.1.1. Bethell Yöntemi .....	32
1.4.3.1.2. Boş Hücre Yöntemleri.....	33
1.4.3.1.2.1 Rüping Yöntemi.....	34
1.4.3.1.2.2. Besi Suyu Çıkarma Yöntemi.....	35
1.4.3.1.3. Yerinde Bakım Yöntemleri.....	36
1.5. CCA İle Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemelerin Hayat Çemberi.....	40
1.6. CCA Elementlerinin Toprakta Hareketleri ve Reaksiyonları.....	44
1.6.1. Ağır Metallerin Topraktaki Hareketleri.....	44
1.6.2. CCA'nın Topraktaki Hareketi: Açık Alan Araştırmaları.....	45
1.6.2.1. Kromun Topraktaki Organik Maddelerle Reaksiyonu.....	45
1.6.2.2. Krom ile Topraktaki İnorganik Maddelerin Reaksiyonu.....	47
1.6.2.3. Bakır ile Topraktaki Organik Maddelerin Reaksiyonu.....	48
1.6.2.4. Topraktaki İnorganik Maddelerle Bakırın Reaksiyonları.....	49
1.6.2.5. Arsenik ile Topraktaki Organik Maddelerin Reaksiyonu.....	50
1.6.2.6. Arsenik ile Topraktaki İnorganik Maddelerin Reaksiyonu.....	51
1.7. Remidasyon.....	53
1.7.1.CCA İle Emprenyeli Tel Direklerinde Bakır, Krom Arsenik Tayini Yöntemleri.....	61
1.7.1.1. X-ışın Floresans Spektroskopisi (X-RF) .....	61
1.7.1.2. Karakteristik X-Işınları.....	62
1.7.1.3. Deney Geometrisi ve Karakteristik X-ışınlarının Sayılması.....	64
1.7.1.4. Yarıiletken Detektörler ve Sayma Sistemleri.....	66
1.7.1.5. Compton Saçılması.....	68
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	70
2.1. Toprak Profil Noktalarının Belirlenmesi.....	70
2.1.1 Laboratuar Yöntemleri.....	70
2.1.1.1 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	70

2.1.1.2 Toprağın Mekanik Bileşiminin Belirlenmesi (Mekanik Analiz).....	70
2.1.1.3 Maksimum Su Tutma Kapasitesi.....	71
2.1.1.4. Toprak Tepkimesinin (pH) Belirlenmesi.....	72
2.1.1.5. İklim verilerinin temini.....	72
2.1.1.6. Tel Direklerindeki Tahribatların Tespiti.....	72
2.1.1.7. Mantar Türlerinin Teşhisi.....	73
2.2. Hammadde ve Kimyasal Madde Temini.....	74
2.2.1. Ağaç Malzeme.....	74
2.2.2. Kimyasal Maddeler.....	75
2.2.3. Örneklerin Hazırlanması.....	77
2.2.3.1. Odun Örneklerinin Hazırlanması.....	77
2.2.3.2. Kimyasal Çözeltilerin Hazırlanması.....	78
2.2.3.3. Remidasyon.....	78
2.3. Numunelerin Hazırlanması.....	80
2.3.1. Bakır, Krom ve Arsenik Tayini.....	81
2.4. İstatistiksel Yöntemler.....	81
3. BULGULAR.....	83
3.1. CCA ile Emprenyeli Tel Direklerinin Tür Teşhisi.....	83
3.2. İklim Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	85
3.2.1. Trabzon İlinin İklim Özellikleri.....	85
3.2.2. Rize Yöresinin Genel İklim Özellikleri.....	87
3.2.3. Artvin Yöresinin Genel İklim Özellikleri.....	87
3.3. Trabzon, Rize ve Artvin İllerinden Alınan Toprak Örneklerinin pH, Mekanik ve Su Tutma Özelliklerine Ait Bulgular.....	89
3.4. Toprak Örneklerinde Belirlenen Bakır, Krom ve Arsenik Konsantrasyonlarına İlişkin Bulgular.....	92
3.5. Tel Direklerindeki Tahribatlara İlişkin Bulgular.....	94
3.6. Mantar Türlerinin İzolasyonu ve Teşhisi.....	102
3.7. Bakır, Krom ve Arsenik Miktarlarının Tayini.....	108
3.8. Remidasyon İşlemine İlişkin Bulgular .....	113
3.8.1. Fosforik Asit.....	

3.8.2. Kromotropik Asit.....	113
3.8.3. Oksalik Asit.....	118
3.8.4. Oleik Asit.....	123
3.8.5. Sitrik Asit.....	128
3.8.6. Amonyum Sülfat.....	133
3.8.7. Resorsinol.....	139
3.8.8. Hümik Asit Sodyum Tuzu.....	144
3.8.9. Sodyum Hidroksit.....	149
3.8.10. Sodyum Klorür.....	155
3.9. CCA ile Emprenyeli Odun Örneklerinden Bakır, Krom ve Arseniğin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Kimyasal Maddelerin Etkisi.....	160
3.10. CCA ile Emprenyeli Odun Örneklerinden Uzaklaştırılan Bakır, Krom ve Arsenik Miktarlarını Etkileyen Faktörler.....	164
3.10.1. Fosforik Asit.....	169
3.10.2. Kromotropik Asit.....	170
3.10.3. Oksalik Asit.....	179
3.10.4. Oleik Asit.....	187
3.10.5. Sitrik Asit.....	194
3.10.6. Amonyum Sülfat.....	203
3.10.7. Resorsinol.....	209
3.10.8. Hümik Asit Sodyum Tuzu.....	217
3.10.9. Sodyum Hidroksit.....	226
3.10.10. Sodyum Klorür.....	234
4. İRDELEME.....	242
4.1. İklim Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi.....	251
4.2. Toprak Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi.....	251
4.2.1. Toprak Özelliklerinin CCA ile Emprenyeli Tel Direklerinden Yıkanan Bakır, Krom ve Arseniğin Yıkanmasına Etkisi.....	260
4.3. Doğu Karadeniz Bölgesinde Tel Direklerinde Tespit Edilen Çürüklük Tipleri.....	266
4.4. CCA İle Emprenyeli Sarıçam Odun Örneklerinden Bakır, Krom ve Arseniğin Uzaklaştırılması.....	274

4.4.1. Fosforik Asit.....	284
4.4.2. Kromotropik Asit.....	284
4.4.3. Oksalik Asit.....	284
4.4.4. Oleik Asit.....	292
4.4.5. Sitrik Asit.....	300
4.4.6. Amonyum Sülfat.....	308
4.4.7. Resorsinol.....	317
4.4.8. Hümik asit sodyum tuzu.....	325
4.4.9. Sodyum Hidroksit.....	333
4.4.10. Sodyum Klorür.....	341
5. SONUÇLAR.....	349
5.1. İklim Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi.....	357
5.2. Toprak Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi.....	364
5.3. Doğu Karadeniz Bölgesinde Tel Direklerinde Tespit Edilen Çürüklük Tipleri.....	364
5.4. Remidasyon.....	365
6. ÖNERİLER.....	366
7. KAYNAKLAR.....	372
ÖZGEÇMİŞ.....	390

## ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinde tel direklerinin hizmet sürelerine bölgenin iklim ve toprak özelliklerinin etkileri, tel direklerine arız olan mantar türleri ve bu direklerdeki çürüklük tipleri ve atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması olanakları incelenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait iklim verileri analiz edilerek her bir ile ait iklim endeksleri tespit edilmiş ve ağaç malzemelerin çürüklük haritaları belirlenmiştir.

Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait toprak pH'ları, mekanik özellikleri ve su tutma kapasiteleri belirlenerek toprak özelliklerinin tel direklerinin hizmet sürelerine etkileri belirlenmiştir.

TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin deposunda atıl halde bulunan ve kullanımlarındaki tel direklerindeki çürüklük tipleri ve tel direklerine arız olan mantar türleri teşhis edilmiştir.

Üç farklı boyutta hazırlanan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örnekleri, farklı pH seviyelerinde hazırlanan 10 kimyasal madde ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları tespit edilmiştir. Ayrıca, örnek boyutunun, remidasyon çözeltisinin ve pH'sının odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına etkileri belirlenmiştir.

Sonuç olarak; üç farklı boyutta hazırlanan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutuna bağlı kalmaksızın kromotropik asit, oleik asit ve fosforik asit en çok etkili olurken, amonyum sülfat, hümik asit sodyum tuzu ve resorsinol bu çalışma kapsamından remidasyon işleminde kullanılan 10 kimyasal madde içerisinde en az etkili olan kimyasal maddeler olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** CCA, Sarıçam, Çürüklük Tipleri, İklim ve Toprak Özellikleri, Remidasyon



## **SUMMARY**

### **The Investigation on Remediation of Out of Service CCA Treated Utility Poles**

In this study, the effects of Eastern Blacksea Region's climate and soil properties on time in service of utility poles, the fungi species and decay types in utility poles and the amount of copper, chrome and arsenic remediated from CCA treated wood samples were determined.

The climate index and decay maps of Trabzon, Rize and Artvin were determined by analyzing climate data for each city.

The soil mechanical properties, soil pH and soil water holding capacity were investigated in soil samples taken from Trabzon, Rize and Artvin cities and their effects on time in service of utility poles were determined.

The decay types and fungi species were determined in samples taken either from utility poles in service or out of service utility poles in storage area in Arsin, Trabzon.

The CCA treated yellow pine wood samples prepared in three different size were remediated by several different pH's of 10 chemicals for 1, 3, 7 and 14 days period and the amounts of removed copper, chrome and arsenic from CCA treated wood samples were investigated. In addition, the effects of wood samples' size, remediation chemicals' pH and remediation period on the amount of removed copper, chrome and arsenic were determined.

The results indicated that choromotropic acid, oleic acid and phosphoric acid were found the best chemicals while ammonium sulfate, humic acid sodium salt and resorcinol were found the least effective, among the 10 chemicals used in this study, in terms of remediation.

**Keywords:** CCA, Yellow Pine, Copper Tolerant Fungi, Decay Types, Climate And Soil Properties, Remediation

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Orman Genel Müdürlüğü'nün yıllara göre tel direği üretimi ve satışı.....	2
Şekil 2. TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964-2002 yılları arasında kullanılan tel direk miktarı.....	2
Şekil 3. CCA ile emprenye edilmiş ve 45°C'de fiksasyon işlemi tamamlanmış odun örneklerinde meydana gelen yıkanma kayıpları.....	21
Şekil 4. CCA ile emprenye edilmiş tel direklerinin hayat-çemberi.....	41
Şekil 5. X-ışınlarının meydan gelmesi.....	62
Şekil 6. X-ışını Floresans Sistemi.....	64
Şekil 7. X-ışınları floresans (X-RF) ölçümleri için deney geometrisi.....	65
Şekil 8. Diferansiyel tesir kesiti ölçümleri için deney geometrisi.....	65
Şekil 9. Yarıiletken dedektörün şematik gösterimi.....	66
Şekil 10. X-ışınları floresans ölçüm sisteminin blok diyagramı.....	68
Şekil 11. Compton Saçılması.....	69
Şekil 12. Tabletlerin hazırlanmasında kullanılan pres.....	80
Şekil 13. Hazırlanan tabletler.....	80
Şekil 14. X-ışını floresans sisteminin genel görünüşü.....	81
Şekil 15. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin enine kesiti...	83
Şekil 16. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin enine kesitinde reçine kanalı.....	83
Şekil 17. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin radyal kesiti.....	84
Şekil 18. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin teğet kesiti.....	84
Şekil 19. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli tamamen misellerle sarılmış ladin tel direğinde tespit edilen beyaz çürüklük.....	94
Şekil 20. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinin toprak zonunda tespit edilen esmer çürüklük.....	95

Şekil 22.	Tel direklerinde tespit edilen yüzeysel çürüklük tipi.....	96
Şekil 23.	Tel direklerinde tespit edilen küçük çürüklük zonları.....	96
Şekil 24.	Tel direklerinde tespit edilen büyük çürüklük zonları.....	97
Şekil 25.	Tel direklerinde tespit edilen oyuk tipi çürüklük.....	97
Şekil 26.	Yoğun bir şekilde böcek tahribatına uğramış tel direği.....	98
Şekil 27.	Yakılan ateş sonucu tel direğinde meydana gelen tahribat.....	99
Şekil 28.	Tel direklerinde tespit edilen çatlak ve yarıklar.....	99
Şekil 29.	Tel direklerinde tespit edilen insanların neden olduğu kusurlar.....	100
Şekil 30.	CCA ile emprenyeli ladin tel direğinin enine kesiti.....	101
Şekil 31.	CCA ile emprenyeli tel direklerinden alınan örneklerin malt-agar besin ortamındaki mantar misellerinin gelişimi.....	102
Şekil 32.	CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Antrodia carbonica</i> mantarı.....	103
Şekil 33.	CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Gloeophyllum spp</i> mantarı.....	104
Şekil 34.	CCA ile emprenyeli ladin tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Phlebia spp.</i> Mantarı.....	104
Şekil 35.	CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Postia placenta</i> mantarı.....	105
Şekil 36.	CCA ile emprenyeli tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Trametes versicolor</i> mantarı.....	106
Şekil 37.	CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Pleurotus ostreatus</i> mantarı.....	106
Şekil 38.	CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen <i>Coniophora puteana</i> mantarı.....	107
Şekil 39.	Standart bakır konsantrasyon absorbands eğrisi.....	108
Şekil 40.	Standart krom konsantrasyon absorbands eğrisi.....	109
Şekil 41.	Standart arsenik konsantrasyon absorbands eğrisi.....	109
Şekil 42.	Standart krom konsantrasyonunu belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri.....	110
Şekil 43.	Standart arsenik konsantrasyonunu belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri.....	111
Şekil 44.	CCA emprenyeli odun örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri..	112

Şekil 45	Toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri.....	112
Şekil 46.	Trabzon ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı.....	253
Şekil 47.	Trabzon Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri.....	253
Şekil 48.	Rize ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı.....	254
Şekil 49.	Rize Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri.....	254
Şekil 50.	Artvin ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı.....	255
Şekil 51.	Artvin Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri.....	255
Şekil 52.	Doğu Karadeniz Bölgesi yağış dağılımı haritası.....	258
Şekil 53.	Amerika Birleşik Devletlerinin Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle belirlenen ağaç malzemelerin çürüklük riski haritası.....	258
Şekil 54.	ABD için belirlenen tel direklerinin çürüklük riski haritası.....	259
Şekil 55.	Amerika Birleşik Devletlerinin Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle Devlet Meteoroloji İstasyonundan Doğu Karadeniz Bölgesine ait alınan veriler yardımıyla belirlenen Doğu Karadeniz Bölgesi çürüklük riski haritası.....	259
Şekil 56.	Trabzon, Rize ve Artvin İllerinden 0-5cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde belirlenen toprağın mekanik özellikleri ve pH'sı.....	261
Şekil 57.	Trabzon, Rize ve Artvin İllerinden 30-40cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde belirlenen toprağın mekanik özellikleri ve pH'sı.....	261
Şekil 58.	Doğu Karadeniz Bölgesinin toprak grupları haritası.....	267
Şekil 59.	Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları.....	267
Şekil 60.	Artvin ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları.....	268
Şekil 61.	Rize ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları.....	268
Şekil 62.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	285

Şekil 63.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	285
Şekil 64.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	286
Şekil 65.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	287
Şekil 66.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	287
Şekil 67.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	288
Şekil 68.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	288
Şekil 69.	Fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	290
Şekil 70.	Fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	291
Şekil 71.	Fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	292
Şekil 72.	CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) örneklerden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	293
Şekil 73.	CCA ile emprenyeli 5x5x5cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	294
Şekil 74.	CCA ile emprenyeli 5x5x10cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	294

Şekil 75.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	295
Şekil 76.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	296
Şekil 77.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	296
Şekil 78.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	297
Şekil 79.	Kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	298
Şekil 80.	Kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	299
Şekil 81.	Kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	300
Şekil 82.	CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam odun örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	302
Şekil 83.	CCA ile emprenyeli 5x5x5cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam odun örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	302
Şekil 84.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	303
Şekil 85.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	304
Şekil 86.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	304
Şekil 87.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	305

Şekil 88.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	305
Şekil 89.	Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	306
Şekil 90.	Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	307
Şekil 91.	Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	308
Şekil 92.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	310
Şekil 93.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	310
Şekil 94.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam odun örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	311
Şekil 95.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	312
Şekil 96.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	312
Şekil 97.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	313
Şekil 98.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	313
Şekil 99.	Oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	314
Şekil 100.	Oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	315
Şekil 101.	Oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	316

Şekil 102.	CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	318
Şekil 103.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	319
Şekil 104.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	319
Şekil 105.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	320
Şekil 106.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	321
Şekil 107.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	321
Şekil 108.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	322
Şekil 109.	Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	323
Şekil 110.	Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	324
Şekil 111.	Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	325
Şekil 112.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) örneklerden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	327
Şekil 113.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	328
Şekil 114.	CCA ile emprenyeli 5x5x10cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	328
Şekil 115.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat (pH=5.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	330



Şekil 116.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat (pH=6.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	330
Şekil 117.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat (pH=6.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	331
Şekil 118.	Amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	332
Şekil 119.	Amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	333
Şekil 120.	Amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	334
Şekil 121.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	336
Şekil 122.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	337
Şekil 123.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	337
Şekil 124.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol (pH=5.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	339
Şekil 125.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol (pH=6.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	339
Şekil 126.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol (pH=6.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	340
Şekil 127.	Resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	341
Şekil 128.	Resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	342
Şekil 129.	Resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	345

Şekil 130.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	345
Şekil 131.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	346
Şekil 132.	CCA ile emprenyeli 5x5x10cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	346
Şekil 133.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu (pH=13.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	347
Şekil 134.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu (pH=12.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	348
Şekil 135.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu (pH=11.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	348
Şekil 136.	Hümitik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	350
Şekil 137.	Hümitik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	350
Şekil 138.	Hümitik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması....	351
Şekil 139.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	353
Şekil 140.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	353
Şekil 141.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	354
Şekil 142.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit (pH=13.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	355

Şekil 143.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit (pH=12.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	356
Şekil 144.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit (pH=11.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	356
Şekil 145.	Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	357
Şekil 146.	Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	358
Şekil 147.	Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması.....	359
Şekil 148.	CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	361
Şekil 149.	CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	361
Şekil 150.	CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları.....	362
Şekil 151.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum klorür (konsantrasyon=%50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	363
Şekil 152.	CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum klorür (konsantrasyon=%30) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi.....	363
Şekil 153.	Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması.....	364
Şekil 154.	Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması.....	365

Şekil 155. Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması..... 366



## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. AWPAn Standartlarına göre CCA'nın 3 tipinin bileşimi.....	5
Tablo 2. CCA-Tip A, tip B ve tip C' nin pH alt ve üst limitleri.....	5
Tablo 3. CCA-Tip I ve tip II' nin bileşimi.....	5
Tablo 4. CCA emprenye maddesinin fiksasyon reaksiyonları.....	9
Tablo 5. CCA fiksasyon reaksiyonları.....	10
Tablo 6. Alternatif odun ve çelik konstrüksiyon dizaynları için çevresel girdi ve çıktılar.....	43
Tablo 7. Remidasyon çalışmalarında kullanılan kimyasal maddeler, örnek boyutları, pH, süre ve kullanılan toplam örnek sayıları.....	79
Tablo 8. Trabzon Meteoroloji İstasyonunun 1940-2001 Yıllarına Ait Meteoroloji Ölçüm Değerleri (h = 60 m.).....	85
Tablo 9. Araştırma alanındaki bazı meteoroloji istasyonlarına ait ortalama yağış değerleri (mm.).....	86
Tablo 10. Araştırma alanındaki bazı meteoroloji istasyonlarına ait bağıl nem değerleri.....	86
Tablo 11. Rize Meteoroloji İstasyonunun 1930-2001 yıllarına ait meteoroloji ölçüm değerleri.....	87
Tablo 12. Artvin Meteoroloji İstasyonunun 1948-2001 yıllarına ait meteoroloji ölçüm değerleri.....	88
Tablo 13. İllere göre alınan toprak örneklerinin pH, mekanik ve su tutma özellikleri.....	89
Tablo 14. Toprak özellikleri üzerine derinlik ve il farklılığının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları.....	90
Tablo 15. pH, mekanik ve su tutma özellikleri üzerine etkileri araştırılan grupların Duncan testi sonuçları.....	91
Tablo 16. Bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılan grupların Duncan testi sonuçları.....	93
Tablo 17. Kontrol örneklerinde elde edilen bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	110

Tablo 18.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	113
Tablo19.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut,pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan ÇVA sonuçları.	114
Tablo 20.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	115
Tablo 21.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	115
Tablo 22.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	116
Tablo 23.	Fosforik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	117
Tablo 24.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	118
Tablo 25.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	119
Tablo 26.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	120
Tablo 27.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	120
Tablo 28.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinde bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	121
Tablo 29.	Kromotropik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları....	122
Tablo 30.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	123
Tablo 31.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	124
Tablo 32.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	125
Tablo 33.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	125
Tablo 34.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	126

Tablo 35.	Oksalik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	127
Tablo 36.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	128
Tablo 37.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	129
Tablo 38.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	130
Tablo 39.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	130
Tablo 40.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	131
Tablo 41.	Oleik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	132
Tablo 42.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	133
Tablo 43.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	134
Tablo 44.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	135
Tablo 45.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	135
Tablo 46.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	136
Tablo 47.	Sitrik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	138
Tablo 48.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	139
Tablo 49.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi sonuçları.....	140
Tablo 50.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	141
Tablo 51.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	141
Tablo 52.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	142

Tablo 53.	Amonyum sülfat ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	143
Tablo 54.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	144
Tablo 55.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	145
Tablo 56.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	146
Tablo 57.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	146
Tablo 58.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	147
Tablo 59.	Resorsinol ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	148
Tablo 60.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	149
Tablo 61.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	150
Tablo 62.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	151
Tablo 63.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	151
Tablo 64.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	152
Tablo 65.	Hümik asit sodyum tuzu ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	154
Tablo 66.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	155
Tablo 67.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	156
Tablo 68.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	157
Tablo 69.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi.....	157
Tablo 70.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	158



Tablo 71.	Sodyum hidroksit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.	159
Tablo 72.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları.....	160
Tablo 73.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	161
Tablo 74.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi.....	162
Tablo 75.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi.....	162
Tablo 76.	Sodyum klorür ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları.....	163
Tablo 77.	Farklı kimyasal maddeler ile remidasyona tabi tutulmuş CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları üzerine kimyasal maddelerin etkinliklerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları.....	164
Tablo 78.	CCA ile emprenyeli 2X2X2 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	165
Tablo 79.	CCA ile emprenyeli 2X2X2 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan kromun uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	165
Tablo 80.	CCA ile emprenyeli 2X2X2 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan arseniğin uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	165
Tablo 81.	CCA ile emprenyeli 5X5X5 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	166
Tablo 82.	CCA ile emprenyeli 5X5X5 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan kromun uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	166
Tablo 83.	CCA ile emprenyeli 5X5X5 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan arseniğin uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	167
Tablo 84.	CCA ile emprenyeli 5X5X10 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	167
Tablo 85.	CCA ile emprenyeli 5X5X10 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan kromun uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	168
Tablo 86.	CCA ile emprenyeli 5X5X10 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan arseniğin uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi.....	168
Tablo 87.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	170

Tablo 88.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	171
Tablo 89.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	172
Tablo 90.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	173
Tablo 91.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	174
Tablo 92.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	175
Tablo 93.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	176
Tablo 94.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	177
Tablo 95.	Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	178
Tablo 96.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	179
Tablo 97.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	180
Tablo 98.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	181
Tablo 99.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	182
Tablo 100.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	183

Tablo 101.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	183
Tablo 102.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	184
Tablo 103.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	185
Tablo 104.	Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	186
Tablo 105.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	187
Tablo 106.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	188
Tablo 107.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	188
Tablo 108.	Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	189
Tablo 109.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	190
Tablo 110.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	191
Tablo 111.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	192
Tablo 112.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	193
Tablo 113.	Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	193

Tablo 114.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	194
Tablo 115.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	195
Tablo 116.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	196
Tablo 117.	Oleik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	197
Tablo 118.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	198
Tablo 119.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	199
Tablo 120.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	200
Tablo 121.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	201
Tablo 122.	Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	202
Tablo 123.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	203
Tablo 124.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	204
Tablo 125.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	204
Tablo 126.	Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	205

Tablo 127.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	206
Tablo 128.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	206
Tablo 129.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	207
Tablo 130.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	208
Tablo 131.	Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	208
Tablo 132.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	209
Tablo 133.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	210
Tablo 134.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	211
Tablo 135.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	212
Tablo 136.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	213
Tablo 137.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	214
Tablo 138.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	215
Tablo 139.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	216

Tablo 140.	Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	216
Tablo 141.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	217
Tablo 142.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	218
Tablo 143.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	219
Tablo 144.	Resorsinol ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	220
Tablo 145.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	221
Tablo 146.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	222
Tablo 147.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	223
Tablo 148.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	224
Tablo 149.	Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	225
Tablo 150.	Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	226
Tablo 151.	Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	227
Tablo 152.	Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	228

Tablo 153.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	229
Tablo 154.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	230
Tablo 155.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	230
Tablo 156.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	231
Tablo 157.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	232
Tablo 158.	Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	233
Tablo 159.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	234
Tablo 160.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	235
Tablo 161.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	236
Tablo 162.	Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	237
Tablo 163.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	238
Tablo 164.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	239
Tablo 165.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	240

Tablo 166.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	241
Tablo 167.	Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	241
Tablo 168.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	242
Tablo 169.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	243
Tablo 170.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	244
Tablo 171.	Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	245
Tablo 172.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	246
Tablo 173.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	247
Tablo 174.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri.....	248
Tablo 175 .	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi.....	249
Tablo 176.	Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları.....	250
Tablo 177.	Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle belirlenen iklim indeksleri..	252

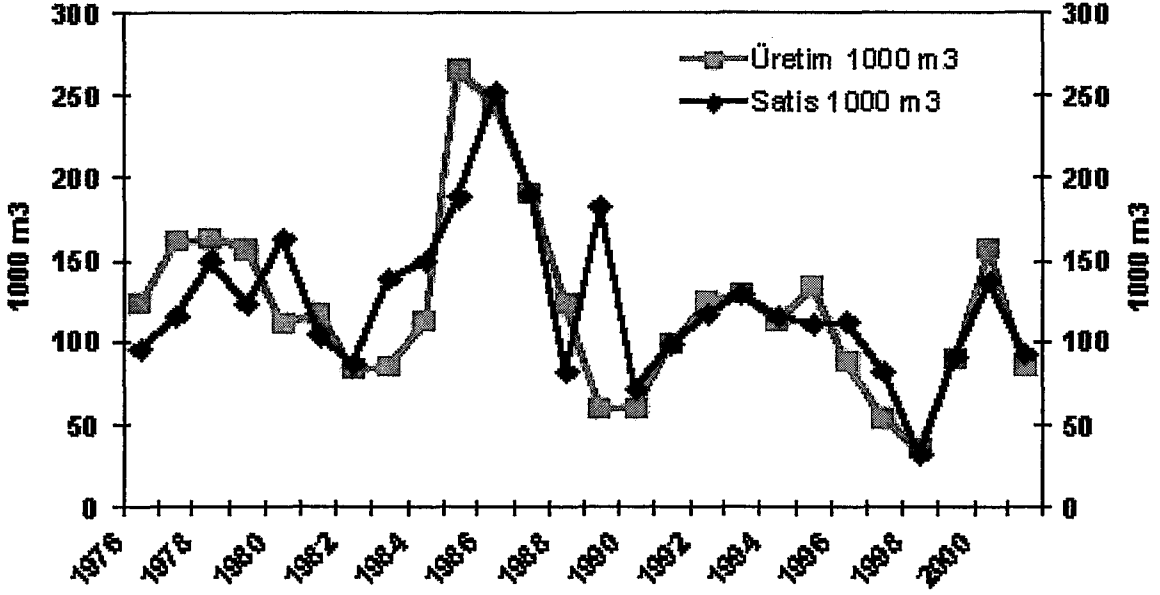


# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1 Giriş

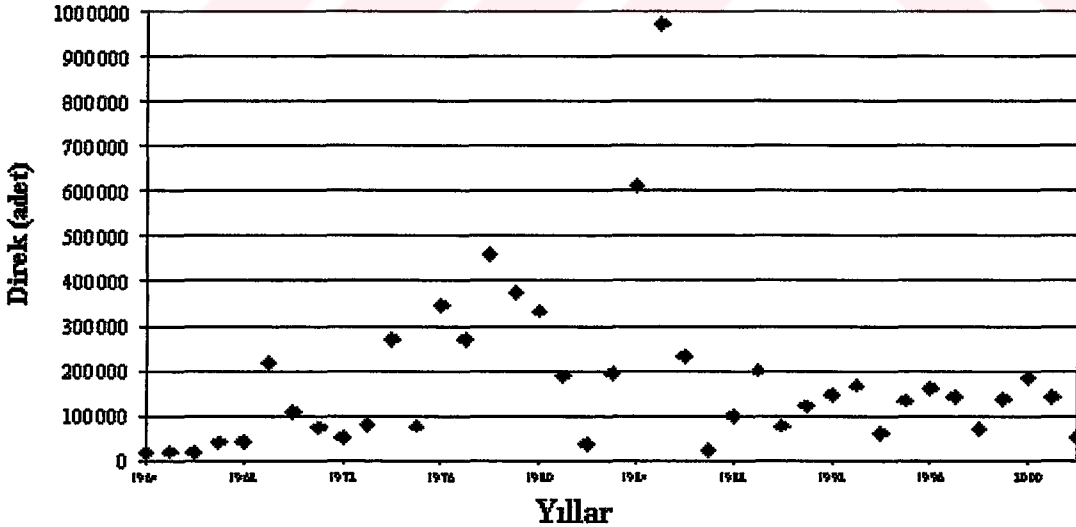
Son yıllarda ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızlıca yok edilmesi ağaç malzemenin empenye edilerek kullanım süresinin artırılmasını zorunlu kılmıştır. Bunun yanında, kullanım süresini doldurmuş atıl durumdaki empenyeli ağaç malzemelerin (tel direği, travers vb.) tekrar değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Ülkemizde her ne kadar ağaç malzemenin empenyesi ile ilgili standartlara uyma mecburiyetinin olmamasına ve empenye işlemlerinin Bayındırlık İskan Bakanlığının hazırladığı şartnamelere girmemiş olmasına rağmen, yaklaşık yılda 400.000 m<sup>3</sup> iğne yapraklı türlerden üretilen tel direkleri ve 30.000 m<sup>3</sup> yapraklı ve iğne yapraklı türlerden üretilen traversler empenye edilmektedir [1]. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü'nün verilerine göre, sadece Trabzon ilinde 208.000 Rize ilinde 180.000 ve Artvin ilinde 121.000 adet dikili tel direği bulunmakta ve bu üç ilde ortalama her yıl CCA (bakır/krom/arsenik) ile empenye edilmiş 17.000 adet tel direği kullanılmaktadır [2]. Orman Genel Müdürlüğü tarafından üretilen ve satılan tel direklerinin yıllara göre dağılımı Şekil 1'de verilmektedir [3]. Özellikle Karadeniz Bölgesinin sahil kesimlerinde tel direklerinin ömrü sadece 10-15 yıl kadardır. Kullanım ömrünü tamamlamış atıl durumdaki empenyeli ağaç malzemelerin miktarı gelecek yıllarda çok hızlı bir şekilde artacaktır. Ülkemizde atıl hale gelen tel direklerine ait istatistik verileri bulunmamakla birlikte, TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964 yılında günümüze kadar kullanılan tel direği miktarları Şekil 2 de verilmektedir [4].

Kullanım ömrünü tamamlayıp, servisten alınan tel direklerinin miktarı 1994 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 8 milyon metreküp iken, bu rakam 2000 yılında 10 milyon metreküp olmuş, 2010 yılında 15 milyon metreküp, 2020 yılında 18 milyon metreküp olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum Avrupa ülkelerinde de benzer şekildedir [5,6,7,8]. Her yıl ortalama 2.1-2.4 milyon ton empenyeli ağaç malzeme kullanım ömrünü tamamlayıp, atıl hale gelmektedir.



Şekil 1. Orman Genel Müdürlüğü'nün yıllara göre tel direği üretimi ve satışı

Sadece Fransa' da CCA ile emprenye edilmiş 26 milyon tel direği kullanılmaktadır. Her yıl 500.000 direğin (50.000 ton) kullanım süresi bitmekte, atıl hale gelmektedir. Bundan sonra yeni emprenyeli del direği kullanılsa bile atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin değerlendirilmesi problemi 50 yıl daha devam edecektir [9,10].



Şekil 2. TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964-2002 yılları arasında kullanılan tel direk miktarı

Diğer yandan ABD Çevre Koruma Kurumunun (Environmental Protection Agency, EPA) 12 Şubat 2002 tarihinde almış olduğu kararla; çocuk oyun alanlarında, park ve bahçe alanlarında kullanılan CCA ile emprenyeli peyzaj kerestelerinin ve evlerde kullanılan yine CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin 31 Aralık 2003 tarihinden itibaren kullanılmasını yasaklamıştır. Bu tarihten itibaren CCA ile emprenye edilmiş kerestelerin yukarıda belirtilen kullanım yerlerinde kullanılması tamamen yasaklanacaktır. CCA ile emprenye ile edilmiş telefon ve elektrik direkleri, demiryolu traversleri ve köprü elemanlarının kullanılmasına devam edilecektir. Ancak, bu ağaç malzemelerin üzerine CCA ile emprenye edilmiştir etiketi konulması tavsiye edilmiştir. Bu kararlar, Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu tarafından (Canada Pest Management Regulatory Agency) 12 Şubat 2002 tarihinde ve Avrupa Birliği Ülkeleri Batı Avrupa Odun Koruma Enstitüsü (Western-European Institute for Wood Preservation) tarafından 30 Nisan 2002 tarihinde aynen kabul edilmiştir. Bu nedenle, atıl hale gelecek CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin miktarında kısa süre içerisinde büyük bir artış meydana gelecektir. Atıl haldeki ağaç malzemelerin hizmetten alınması, depolanması ve tekrar değerlendirilmesine ilişkin sorunları bir kez daha gündeme gelmektedir.

Geleneksel olarak atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemeler için uygulanan en yaygın yöntemler; boş alanlarda toplama, toprağa gömme veya basınç altında yüksek sıcaklıkta kapalı ortamda yakma seçenekleri çevreye negatif etkilerinden dolayı artık kullanılmamaktadır. Atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin yakılması sırasında gerek açığa çıkan kimyasal gazların çevreye zarar vermesi ve gerekse yakılmasından sonra geriye kalan kısımda (kül) çok zehirli arseniğin bulunması insanlara ve sıcak kanlı hayvanlara karşı ciddi tehlike arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin yakılmasından sonra açığa çıkan 1 gr külün 150 insanı öldürecek kadar zehirliliğe sahip olduğu bildirilmiştir [11]. Bu nedenle, atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin tekrar değerlendirilmesi (recycle) önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Ağaç malzemenin emprenye edilmesi diğer gelişmiş ülkelere nazaran ülkemizde çok daha sonra başladığından, atıl durumdaki emprenyeli ağaç malzemenin tekrar değerlendirilmesi sorunu yeni olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu konuda ülkemizde herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışma ile mevcut ve gelecekte atıl duruma gelecek emprenyeli ağaç malzemelerin tekrar değerlendirilmesi için çeşitli olanaklar araştırılmıştır. Bu araştırmanın amaçları:

1. Tel direklerinin kullanım süresini etkileyen faktörlerin belirlenmesi:

- Toprak özelliklerinin ve bunların kullanım süresine olan etkilerinin belirlenmesi,
- İklim özelliklerinin tel direklerinin kullanım süresine olan etkilerinin belirlenmesi,
- Tel direklerinde yaygın olarak görülen çürüklük tiplerinin belirlenmesi,
- Tel direklerine arız olan mantarların izolasyonu ve teşhisi.

2. Atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması, yani remidasyon (remediation) imkanlarının araştırılması:

- Bu çalışma kapsamında kullanılan kimyasal maddelerin bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasındaki etkinliklerinin belirlenmesi,
- Bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisinin belirlenmesi,
- Bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutu etkisinin belirlenmesi,
- Bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında optimum sürenin belirlenmesi.

## 1.2. CCA Emprenye Maddeleri

İlk olarak, 1933 yılında formüle edilen ve patenti alınan CCA emprenye maddesinin oksit ve metal tuz esaslı olmak üzere iki tipi bulunmaktadır. Oksit esaslı CCA emprenye maddesinin bileşimi, ABD Odun Korumacılar Birliği (AWPA: American Wood Preservers' Association) tarafından belirlenmiş ve içerisindeki bakır, krom ve arsenik miktarının değişik oranları nedeniyle A, B ve C olmak üzere 3 tipe ayrılmıştır. Tip A, Tip B ve Tip C olmak üzere CCA tiplerinin bileşimleri Tablo 1'de verilmektedir [12,13].

Tablo 1. AWPA Standartlarına göre CCA'nın 3 tipinin bileşimi

BİLESEN	Tip A (%)			Tip B (%)			Tip C (%)		
	En Az	Optimu	En Çok	En Az	Optimum	En Çok	En Az	Optimum	En Çok
Krom, (CrO <sub>3</sub> )	59.4	65.5	69.3	33.0	35.3	38.0	44.5	47.5	50.5
Bakır, (CuO)	16.0	18.1	20.9	18.0	19.6	22.0	17.0	18.5	21.0
Arsenik, (As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	14.7	16.4	19.7	42.0	45.1	48.0	30.0	34.0	38.0

AWPA tarafından standardize edilen bu bileşimlerde, karışımdaki bileşenler tuzlar şeklinde değil, aktif oksitler halindedir.

CCA-Tip A, Tip B, Tip C'den hazırlanan emprenye maddesi çözeltilerinin ise Tablo 2' de gösterilen pH alt ve üst limitlerine sahip olması gerekmektedir [14,15].

Tablo 2. CCA-Tip A, tip B ve tip C' nin pH alt ve üst Limitleri

CCA EMPRENYE MADDESİ TİPLERİ	PH ALT VE ÜST LİMİTLERİ
CCA- Tip A	1.6-2.7
CCA- Tip B	1.6-2.5
CCA- Tip C	1.6-2.5

CCA-Tip B genellikle yerinde bakım işlemlerinde kullanılırken, CCA-Tip A basınçla emprenye yöntemlerinde çok fazla tercih edilmekte, fakat bugün ABD'de CCA ile emprenye işlemlerinde CCA-Tip C çok daha fazla kullanılmaktadır. Ayrıca, CCA-Tip C'nin formülasyonunun yıkanmaya karşı direnç ve biyolojik performans açısından en iyi kombinasyona sahip olduğu belirtilmektedir [16].

Metal tuz esaslı CCA emprenye maddelerinin ise iki tipi bulunmakta ve bu tiplerin bileşimleri ise Tablo 3'de verilmektedir [1,16].

Tablo 3. CCA-Tip I ve tip II' nin bileşimi

BİLEŞEN	CCA Tip I (%)	CCA Tip II (%)
Bakır sülfat, (CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O)	32.6	31.5
Potasyum bikromat, (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) veya sodyum bikromat Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	41.0	40.5
Arsenik pentaoksit, (As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .2H <sub>2</sub> O)	26.4	18.0

### 1.2.1. CCA Emprenye Maddelerinin Odundaki Fiksasyonu

CCA emprenye maddeleri odunda tam anlamıyla tutunduğundan (fikse olduğundan) ve ağaç malzemeden kolayca yıkanmadığından toprak temaslı uygulamalarda, etkili bir emprenye işlemi için en çok kullanılan koruyucu maddelerden birisidir. Bakır, krom ve arseniğin odundaki lignin ve karbonhidratlarla olan reaksiyonlarını açıklamak için son yıllarda bu alanda bir çok araştırma yapılmaktadır. Bir çok araştırmacı tarafından araştırılmasına rağmen; CCA emprenye maddesinin gerek emprenye işlemi sırasında gerekse emprenye işleminden sonra odunla ilişkisi karmaşık olup, halen tam olarak CCA'nın oduna fiksasyonu tam olarak anlaşılammış ve ortaya açıkça konulamamıştır. Bazı araştırmacılar CCA bileşiminin etkinliği ve yıkanması üzerine birçok çalışmalar yapmışlardır. Bunlara ilaveten, CCA fiksasyonu ve CCA'nın hücre çeperlerindeki dağılımını ortaya koyan çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmaların sonuçları, CCA emprenye maddesinin belirli bir kısmının, kararlı (stabil) kompleksler/esterler oluşturmak için odundaki lignin ile reaksiyona girdiğini göstermektedir. CCA emprenye maddesinin geri kalan kısmı ise, odun karbonhidratları ve özellikle selüloz üzerine çökelmek ya da zayıfça bağlanmak suretiyle kendini göstermektedir [17,18,19].

Fiksasyon sırasında odun, çökelme durumlarını önemli derecede etkilediğinden, fiksasyon reaksiyonlarının en önemli kısmını oluşturmaktadır [20]. Fiksasyonun tamamlanması günler, haftalar veya hatta aylar sürmesine rağmen, bazı reaksiyonlar emprenye işleminden hemen sonra ilk birkaç saat içerisinde gerçekleşmektedir [21,22]. Dahlgren [23] ve Dahlgren ve Hartford [24] ladin ve çam diri odun tozunda (ununda) yaptıkları geniş kapsamlı çalışmada fiksasyonun üç periyotta gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. Buna göre bu üç periyot;

1. Geçici başlangıç reaksiyonları,
2. Başlangıç fiksasyon reaksiyonları,
3. Dönüşüm (değişim) reaksiyonlarından oluşmaktadır.

CCA emprenye maddesinin odun içerisinde fiksasyonunun farklı fazlardaki durumu Tablo 4'de verilmektedir.

Başlangıçta yer alan reaksiyonlar, iyon değişim reaksiyonları ile bakırın oduna fiksasyonunu, protonların geçici iyon değişim tutunmasını ve kromik asidin geçici adsorpsiyonunu kapsamaktadır. Bu reaksiyonlar, ayrıca odunda pH'nın ani ve önemli bir artışına da neden olmaktadır [20]. Dahlgren ve Dahlgren ve Hartford yaptıkları çalışmada, ilk üç dakikada CCA'nın hidrojen iyonu aktivesinin orijinal çözeltisinde %20 daha fazla olduğunu tespit etmişler ve bunu bakır ve krom iyonlarının odun bileşenleri arasındaki iyon değişimi ve adsorpsiyon reaksiyonuyla açıklamışlardır [23,24]. Bakır ve kromun bir kısmının odun ile hemen anında reaksiyona girdiği gözlenmiştir [25]. CCA'nın selüloz, glikoz, guarasol ve ince olarak öğütülen odun ile reaksiyonlarını ortaya koymak için çok geniş kapsamlı araştırmalar yapan Pizzi de başlangıç bakır fiksasyonunu tespit etmiş, ancak bunun sadece fiziksel adsorbsiyon olduğunu ve diğer araştırmacıların belirttiği gibi yoğun bir şekilde gerçekleşmediğini bildirmiştir [26]. Odun içerisinde bakır ve kromun reaksiyonları hemen hemen ani olmakta ve bu sadece bir fiziksel adsorbsiyon olarak nitelendirilmektedir.

Başlangıç iyon değiştirme ve adsorpsiyon reaksiyonunu takiben Dahlgren'in "başlangıç çökeltme fiksasyon periyodu" olarak adlandırdığı fiksasyon mekanizmasının çökeltme reaksiyonları devam eder. Bu periyottaki reaksiyonlarda kromik asit +3 değerlikli  $[Cr^{+3}]$  iyonlarına indirgenir ve buda kalıcı bir pH artışına neden olur [20,23]. Pizzi başlangıç iyon değişimi ve adsorpsiyon reaksiyonlarını takip eden ana çökeltme periyodunu tanımlar ve bu periyodu 2 saat içinde gerçekleşen 3 reaksiyon bölgesine ayırır [26,27]. Bununla birlikte, burada dikkat edilmesi gereken husus Pizzi ve Dahlgren'in ikisi de çalışmalarını odun unuyla yaptıklarından dolayı odun bileşenleri kolaylıkla ortamda mevcut olduklarından bu reaksiyon sürelerinin doğru olarak tahmin edilememiş olmasıdır. Bu özellikle, Pizzi'nin çalışmalarını yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirdiği için daha çok geçerlidir.

Depolama sırasında da fiksasyon reaksiyonları devam etmektedir. Emprenye işlemini takiben fiksasyon reaksiyonları odun içerisinde haftalar veya hatta aylar sürebilir. Dahlgren'in teorisine göre ilk çökeltme fiksasyon periyodu odun-CCA sisteminin pH'sı maksimuma ulaştığında sonlanır çünkü bu noktada kromun tamamı çökeltmektedir. Kromun çökeltmesini takiben, asit ve tersiyer bakır arsenatların basit bakır arsenata dönüşme reaksiyonları gibi yavaş reaksiyonlar birkaç ay sürebilir. Bu periyotta odun-CCA sisteminin

pH'sı önce artar, daha sonra bir miktar azalır. Bunun nedeni ise protonların kromatların indirgenmesiyle tüketilmesi ve kromat-odun kompleksinin +3 değerlikli  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  formunda meydana gelmesidir. Bu üç değerlikli krom arsenatın bir kısmı daha sonra diğer reaksiyonlar sonucunda oluşan  $\text{AsO}_4$  ile tersiyer krom arsenatı oluşturur. Dahlgren, en son denge fiksasyon ürünlerini iyon değişim reaksiyonları tarafından oduna fikse olan bakır olarak aşağıdaki gibi sıralamaktadır.  $\text{CrAsO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})\text{CuAsO}_4$  ve  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  [26,27]. CCA'nın büyük bir kısmının gerek ligninle kompleksler oluşturarak gerekse fiziksel olarak selülozda inorganik tuzlar olarak çökelediği bildirilmiştir [26,27]. Geriye kalan bakır selülozla veya ligninle  $\text{Cu}^{+2}$  olarak reaksiyona girer ve büyük bir kısmı lignine bağlanırken, kromattaki kromun küçük bir kısmı selüloza bağlanır [26,27]. Pizzi'nin tanımlamasına göre kromun indirgenmesi selüloz ile olur, ancak kromun çözünmez hale gelmesi +6 değerlikli kromun lignin ile reaksiyonu sonucundan kaynaklanmaktadır [28]. Bu reaksiyonlar Dahlgren ve Hartford'un belirttiğinden daha hızlı ilerlemektedir [26]. Buna ilave olarak Dahlgren ve Hartford tarafından tespit edilen bakır arsenatlar Pizzi tarafından bulunamamıştır. Bu muhtemelen Pizzi tarafından kullanılan Tanalith C'nin daha az arsenik içermesinden; Dahlgren ve Hartford'un ise daha fazla arsenik içeren Boliden K33 kullanmalarından kaynaklanmış olabilir.

Odunun pH gibi, lignin yapısı ve miktarı, ekstraktif madde miktarı ve muhteviyatı gibi özellikleri fiksasyonu etkileyebilir. Odunun doğal pH'sı, oduna fikse olan  $6^+$  değerlikli krom miktarının değişmesiyle ve selüloz ve lignin arasındaki empenye maddesi bileşenlerinin dağılımının değişmesine neden olarak fiksasyonu etkileyebilir [20,27]. Dahlgren yaptığı bu çalışmada, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarından aldığı örneklerde, pH seviyesi yüksek olan (örneğin kayın pH=5.6) türlerin fiksasyonun asidik olan türlere göre (örneğin ponderosa çamı pH=3.7) daha uzun sürdüğünü bildirmiştir. Bunun nedeni ise düşük pH'ya sahip türlerde +6 değerlikli kromun daha erken çökmeye maruz kalması şeklinde açıklamaktadır. Mevcut lignin tipi ve miktarı fiksasyonu etkileyen diğer bir faktör olabilir. Krom ve bakırlı bileşikler iğne yapraklı ağaç odunlarında bulunan guayasil lignin birimleriyle, yapraklı ağaç odunlarında bulunan syringil lignin birimlerine oranla daha kararlı kompleksler oluşturur [29,30].



Tablo 4. CCA Emprenye maddesinin fiksasyon reaksiyonları [23].

GEÇİCİ BAŞLANGIÇ REAKSİYONLARI	ÇÖKELME FİKSASYONU, ZAMAN		SON REAKSİYON YADA KONVERSİYON PERİYODU
	ESAS ÇÖKELME FİKSASYON BÖLGELERİ		
Bakır doygunluğuna doğru iyon değişim fiksasyonu  Kromik asidin adsorpsiyonu ve geçici iyon değişim ile protonların alınması	KROM FİKSASYON BÖLGELERİ 1                      2                      3                      4		Stabil olmayan çökelmiş materyalin çözünmezliği yolu ile yavaş reaksiyonlar
	Cr(VI)'nın odunla. Cr(VI)'nın odunla veya ara oksidasyon Reaksiyonunun 1. ürünleri ile 2 tip reaksiyonu tipi		Proton ayırma reaksiyonları Asit ve 3. dereceden bakır arsenatlar → bazik Cu arsenat
	Cr <sub>4</sub> (OH) <sub>10</sub> CrO <sub>4</sub> ve [(Cr(OH) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>		Asit CuCr arsenat → 3.dereceden Cr arsenat + bazik Cu arsenat Bazik krom kromatların hidrolizi
	iyon değişimi ile fikse olmuş bakırın ayrılması		Proton tüketim reaksiyonları
	[Cr(CrO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ] <sub>3</sub> - olarak oduna fiksasyon		Kromatlar → Cr(OH) <sub>3</sub> Kromik asit(serbest)→ Cr(OH) <sub>3</sub> Arsenik asit (serbest) → CrAsO <sub>4</sub>
	Alkali bakır kromatlar		
	HmCu <sub>n</sub> Cr <sub>3.2n-m/3</sub> AsO <sub>4</sub> → CrAsO <sub>4</sub>		Son denge fiksasyon üretimi Oduna, iyon değişimi ile fikse olmuş Cu CrAsO <sub>4</sub> Cu(OH)CuAsO <sub>4</sub> Cr(OH) <sub>3</sub> Cu(OH)CuAsO <sub>4</sub> Cr(OH) <sub>3</sub> Cr(OH) <sub>3</sub>
HmCu <sub>3.m/2</sub> AsO <sub>4</sub> → Cu <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		Cu <sub>2</sub> OHAsO <sub>4</sub>	
Önemli pH artışı	Maksimuma doğru pH artışı. Kromat azalışı ile proton tüketiminin hakim olması		Reaksiyonlar bitinceye kadar Değişen pH azalışı ve artışları

$k_1 > k_2 > k_3 > k_4$   $k=Cr$  fiksasyonunun hız sabiti, 1,2,3 ve 4 Cr fiksasyon bölgelerini göstermektedir.

Geçici olarak çökelmiş asit arsenatların tüketimi reaksiyonlar sırasında 3.dereceden arsenatlara doğru değişir.

1. bölge bazı durumlarda oluşmaz veya belirlenemeyen küçük bir periyoda sahip olabilir.

2. bölge oduna kromat olarak fiksasyon bittiğinde sona erer.

4. bölge bazik krom kromatlar çökeldiğinde başlar.

Bölge sınırlarında pH, farklı emprenye maddeleri için farklıdır.

Kromun tümü esas fiksasyon periyodunun sonunda çökeltilir.

Araştırmacılar ayrıca CCA ile emprenyeli odunlarda bakır, krom ve arseniğin mikro dağılımını doğrudan belirlemek için birçok çalışma yürütmüşlerdir. İlk yapılan çalışmalarda elektron ve mikroprob mikro analiz (EMMA) cihazıyla kombine olan taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanmışlardır. Petty ve Preston, sitka ladini (*Picea sitchensis*) odun örneklerinde bakır, krom ve arseniğin hücre çeperi tabakalarında homojen bir dağılım gösterdiğini tespit etmişlerdir [31]. Chou ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada CCA ile emprenyeli iskoç çamı (*Pinus sylvestris* L.) odun örneklerinde, bakır/krom oranının tüm hücre çeperi boyunca sabit olduğunu; ancak bakır/arsenik oranının çok değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir [32]. Özellikle bakır/arsenik oranı orta lamelde S<sub>2</sub> tabakasındakine göre daha fazladır. Ayrıca, hemen hemen saf sayılabilecek bakırın hücre lümeni boşluklarında ve hücre çeperi arasında biriktiği ve ince bir film tabakası halinde de mikrofibrillerde bulunduğu rapor edilmiştir [33].

Tablo 5.'de krom içeren suda çözünen emprenye maddeleri ile odun arasındaki kimyasal reaksiyonların yapısı gösterilmektedir [34].

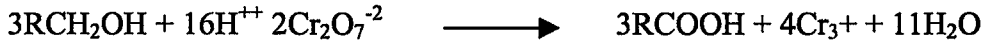
Tablo 5. CCA fiksasyon reaksiyonları

REAKSİYON	TANIMLAMA	ÜRÜNLER
Başlangıç	Cu <sup>++</sup> (CrO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> 'nin odun bileşenleri üzerine hızlı adsorpsiyonu	Cu/odun Cr-VI/Odun
	Cr(VI)'un indirgenmesi, pH'nın yavaş bir şekilde artışı	CrAsO <sub>4</sub> Cu(OH)CuAsO <sub>4</sub> CuCrO <sub>4</sub> Cr <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> CrO <sub>4</sub> Cr(OH) <sub>3</sub>
Uzun süreli	Düzensiz pH değişimi	

Burada, toplam 6<sup>+</sup> değerlikli kromun %50-60'nın başlangıçtaki alınımı ve odun yapısı üzerine 6<sup>+</sup> değerlikli kromun başlangıçtaki adsorpsiyonu görülmektedir. Bu olay, sistemin pH'sının artışına bağlanmaktadır. Bu reaksiyon öylesine hızlı oluşmaktadır ki, fiksasyon ağaç malzeme halen emprenye kazanında iken de tamamlanabilmektedir [34]. Fiksasyon reaksiyonları sırasında, bakırın hızlı katyon değişim adsorpsiyonu da söz konusu

olabilmektedir. Çözeltinin pH'sının düşük olmasından dolayı, CCA çözeltileri için başlangıçta adsorbe edilen bakır miktarı da düşük olmaktadır.  $6^+$  değerlikli krom azaltıldığı için, emprenye edilen odunun pH derecesi, bakır iyon değişimi nedeniyle yükselmektedir [34].

Bu adsorbsiyon reaksiyonları, aşağıdaki genel eşitlikle de ifade edilebildiği gibi, odunun bileşenleri tarafından serbest  $6^+$  değerlikli kromun,  $3^+$  değerlikli kroma yavaş bir şekilde indirgenmesi ile devam etmektedir [34]:



Reaksiyonda hidrojen iyonları tüketildiğinden sistemin pH'sı artmaktadır. Genel olarak  $CrAsO_4$  ve  $Cr(OH)_3$  gibi düşük çözünürlüğe sahip bileşikler, krom indirgenmesi sırasında odun yapısı üzerine çökeltilirler. Bununla birlikte kovalent veya koordinasyon bağlı krom kompleksleri de odundaki lignin ile bileşikler oluşturmaktadır [34].

### 1.2.2. Fiksasyon Reaksiyonlarını Etkileyen Faktörler

Suda çözünen krom esaslı emprenye maddelerinin odundaki reaksiyonlarını etkileyen faktörler, standart kimyasal reaksiyonları etkileyen faktörlerle benzerlik göstermektedir. Bu faktörleri;

1. Sıcaklık ve rutubet,
2. Konsantrasyon ve pH,
3. Odun türü,
4. Kimyasal formülasyon,
5. Ortamda UV ışığının bulunup bulunmaması,
6. Emprenye maddesinin tuz ve oksit bazlı olup olmaması,
7. İlave edilen maddeler,

olarak sıralamak mümkündür [34].

#### 1.2.2.1 Sıcaklık ve Rutubet

Bir tür çözünememe mekanizması olan fiksasyon reaksiyonlarında, emprenye çözeltilerinde orijinal olarak bulunan suda çözünebilir özellikteki bileşikler, odun içerisinde

çözünemez veya daha zor çözünebilir toksik maddelere çevrilmektedir. Reaksiyon hızı sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu için, bu reaksiyonların oluşmasında en önemli faktör sıcaklıktır. Spesifik reaksiyon hızı, reaksiyonun termomekaniksel özellikleri ile ilişkilidir . Spesifik reaksiyon hızı, sıcaklıktaki her 10 °C' lik artışla 1-3 kez artabilmektedir [14].

Sıcaklık sadece, başlangıç fiksasyon reaksiyonlarının hızını değil, aynı zamanda fikse olan  $6^+$  değerlikli kromun miktarını da etkilemektedir. Yılın soğuk mevsimleri sırasında fiksasyon reaksiyonları oldukça yavaşlamakta, donmuş bir ağaç malzemedede ise fiksasyon reaksiyonları tamamen durmakta ve hiç bir iyon transferi gerçekleşmemektedir [20].

Fiksasyon hızı, emprenye işlemini takip eden süre içerisindeki çevre şartları ile etkilenmektedir. Sıcaklık bu hızı etkileyen çeşitli parametrelerden en önemlisidir. Özellikle toksik karakterdeki  $6^+$  değerlikli kromun  $3^+$  değerlikli kroma indirgenme hızının sıcaklıkla oldukça sıkı bir ilişkisi bulunmaktadır. İşlemden sonra ve işlem sırasında sıcaklığın ayarlanması fiksasyon için gereken zamanın azalmasını önemli derecede etkilemektedir. Böylece emprenye edilmiş ağaç malzemenin güvenle kullanımı için gerek duyulan depolama zamanı düşürülebilmektedir [34].

Genel olarak, yüksek sıcaklık krom esaslı emprenye maddelerinin fiksasyon hızlarını artırmaktadır. CCA bileşenlerinin odun hücre çeperi bileşenleri üzerinde dağılımını, emprenye işlemi sırasındaki sıcaklık uygulamaları büyük ölçüde etkilemektedir. Fiksasyonun ilk basamakları esnasında uygulanan sıcaklığın dağılım üzerinde daha fazla etkisi bulunmaktadır. Başlangıç reaksiyonlarının ilk kısımlarında, karbonhidratlar üzerine kromun adsorpsiyon hızı, yaklaşık olarak ligninle olan adsorpsiyon hızına eşittir. Bu oran, sıcaklığın artışı ile karbonhidratlar üzerine daha fazla krom adsorpsiyonuna neden olarak değişmektedir. Başlangıç reaksiyonlarının ikinci kısımlarında, aşırı bir şekilde lignin üzerinde krom bulunduğundan, sıcaklık ilk reaksiyon bölgesinde artırıldığında, daha fazla krom, odunun karbonhidrat fraksiyonu ile reaksiyona girebilecektir. İkinci bölge bitirilinceye kadar, reaksiyona girmemiş kromunun çoğu ligninle reaksiyon oluşturacaktır. Emprenye edilmiş ağaç malzemenin biyolojik performansı için bunun önemi büyüktür. Eğer odunun karbonhidrat kısmı koruma için ihtiyaç duyulan en önemli kısım ise, ilk reaksiyonların meydana geldiği bölgelerde yüksek sıcaklıklar uygulanmamalıdır. Eğer, lignin kısmının korunmasına daha fazla ihtiyaç duyulursa, yüksek sıcaklık uygulanmalıdır [34]. Sıcaklıktaki artış, bir yandan selülozla daha fazla kromun reaksiyonuna sebep olurken,

bir yandan da yıkanmaya karşı daha fazla hassas olan aşırı  $3^+$  değerlikli krom alımına neden olmaktadır. Bu durum, yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş ağaç malzemedede oluşan daha fazla madde yıkanmasını kısmen açıklamaktadır [35].

Fiksasyon reaksiyonları tamamlanmadan önce yapılan yüksek sıcaklıklarda kurutma uygulamaları, fiksasyon hızını, yıkanmaya karşı direnci ve biyolojik etkinliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Kurutma sırasında suyun yüzeysel buharlaşması ile odun içerisine ısının transfer hızı azalacağından, fiksasyon hızı düşebilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda fiksasyon ve kurutma işlemleri, emprenye maddeleri ve odun hücre çeperi bileşenleri arasındaki kimyasal reaksiyon tiplerini etkilemektedir. Bundan başka, fiksasyon reaksiyonları bitmeden yapılan kurutma işlemleri, buharlaşma olan yüzeylere serbest çözeltinin kapilar taşınması ile odun yüzeylerine fikse olmamış bileşiklerin göç etmesine yol açabilmektedir. Böylece, sebebi ne olursa olsun, fiksasyon tamamlanmadan önce kurutma işlemine maruz kalan ağaç malzemedede emprenye maddesinin tüm bileşiklerinde yıkanma miktarı artabilmektedir [36].

Odunun rutubet miktarı, fiksasyon hızının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Bu yüzden emprenye edilmiş ağaç malzemeye, fiksasyon reaksiyonları tamamlanmadan yapılacak yüksek sıcaklık derecelerinde kurutma işlemleri, fiksasyon reaksiyonlarını kesintiye uğratabilecektir. Bundan dolayı, eğer emprenye edilmiş ağaç malzemenin hızlı bir şekilde kurutulması gerekiyorsa, bu işlemlerin fiksasyon reaksiyonları tamamlandıktan sonra yapılması gerekmektedir [35].

Yine bir çok araştırmacı, çok yüksek sıcaklık uygulamasının elementlerin yıkanma derecesini artırdığını ve fiksasyon reaksiyonlarına engel olduğunu belirtmektedir. Bu durum, özellikle odunun rutubet miktarının çok hızlı bir şekilde düştüğü durumlarda önem kazanmaktadır [37]. Fiksasyonda kimyasal reaksiyonların oluşabilmesi için odunda yeterli miktarda suyun tutulması gerekmektedir. Fiksasyon periyodundaki sıcaklığın oda sıcaklığından  $120^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkartılması durumunda, ani rutubet kayıplarından dolayı elementlerin yıkanma oranı dört kat artabilmektedir. Oysa  $80^{\circ}\text{C}$ 'de oluşan fiksasyonda benzer olumsuz etkiler görülmemektedir [35].

Genel olarak, emprenye endüstrisinde, emprenye maddelerinin fiksasyonunu hızlandırmak için yüksek sıcaklıklara oranla daha ılımlı sıcaklıkların kullanılması gittikçe önem kazanmaktadır. Böylece, reaksiyona girmeyen bileşenlerin yıkanması ve kontrolsüz kaybı nedeniyle çevre kirliliği problemleri azaltılarak, odun hücre çeperlerine emprenye maddesi

bileşenlerinin kontrollü reaksiyonuna izin verilmektedir. Ortamda bağlı nemin oldukça düşük bulunduğu şartlar altında kurutma işlemlerinde, fiksasyon hızı azalmakta ve fiksasyonun kalitesi düşmektedir. Bu nedenlerle, hızlı ve yüksek kaliteli fiksasyonu başarabilmek için yüksek rutubete sahip ortamlarda fiksasyonun tamamlanması önerilmektedir. Bununla birlikte, fiksasyon periyodu sırasında bir miktar kurumaya izin verilmesinde zaman ve enerji kazanımı bakımından ekonomik yararlar bulunmaktadır [38].

### 1.2.2.2. Çözelti Konsantrasyonu ve pH

Çözelti konsantrasyonunun etkisi, holoselülozla olan reaksiyonlara karşın, ligninin guayasil birimleri ile CCA ve krom reaksiyonunun nispi değişkenlerine bağlıdır. Farklı konsantrasyonlardaki  $\text{CrO}_3$  çözeltileri guayakol ile reaksiyona girdiğinde, zamanla farklı pH derecelerine sahip olabilmektedir. Bu durum, aktif elementlerden birinin konsantrasyonunun değiştirilmesiyle reaksiyon hızlarının da değişeceği anlamına gelmektedir. Çözelti konsantrasyonunun azalması ile ilk reaksiyon bölgelerinde daha yüksek oranda krom reaksiyona girebilmekte ve bu durum da emprenye maddesinin biyolojik etkinliğinin değişimine neden olarak, kromun hem hücre çeperi bileşenleri, hem de bakır ve arsenik arasındaki dağılımını etkileyebilmektedir [38,39].

Endüstriyel uygulama alanında kullanılan krom konsantrasyonlarında, konsantrasyonun etkisini normal ortam sıcaklıklarında belirlemek güçtür. Endüstride kullanılan konsantrasyonlarda ve normal ortam sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklıklarda, reaksiyonun yüksek hızı nedeniyle konsantrasyon etkisinin gizlenmesi bu şartlar altında etkinin olmadığı anlamına gelmemelidir [29]. Fakat genel olarak, pratik uygulamalarda, emprenye çözeltilisinin konsantrasyonunun fiksasyon hızını etkilediği, fakat bunun önemli olmadığı kabul edilmektedir.

Çözelti konsantrasyonundaki artış, emprenye maddesi bileşenlerinin oduna olan fiksasyonunu hızlandırabilmekte ve böylece oduna fikse olan kimyasalların toplam miktarı da artabilmektedir. Çözelti konsantrasyonundaki artış, tercihen lignin üzerinde fikse olmuş krom bazlı emprenye maddesi bileşiklerinin dağılımını da nispeten değiştirebilmektedir [29].

pH etkisi konsantrasyon etkisinden daha kompleks bir konudur. Asidik bir emprenye çözeltilisinin pH derecesi, çözeltilinin konsantrasyonu ile ilgili olup, konsantrasyon yükseldikçe, çözeltilinin başlangıçtaki pH seviyesi de düşmektedir. Ayrıca çözeltilinin pH derecesi, kullanılan kimyasalların tipine bağlı bulunmaktadır. Genel olarak,  $\text{CrO}_3$  ile üretilen formülasyonlar  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ile üretilenlerden daha düşük pH seviyesine sahiptirler [29].

Çözelti konsantrasyonunun artması emprenye maddesi sisteminin pH derecesini düşürmekte ve sonuç olarak fiksasyon hızını arttırmaktadır. Bununla birlikte, pratik uygulamalarda, çözelti konsantrasyonu ve retensiyonu iyi bir korelasyon için uygun olmamakta ve fiksasyon hızı üzerine büyük bir rolü olduğuna inanılmamaktadır [16].

Emprenye çözeltisinin başlangıçtaki pH seviyesinde bir azalış, hücre çeperi bileşenlerine emprenye maddesi aktif elementlerinin fiksasyonunu ılımlı bir şekilde hızlandırmaktadır. Ayrıca, genel olarak CCA emprenye çözeltisinin pH derecesinin, başlangıçta 2.4 veya daha düşük olması tercihen holoselüloz üzerinde fikse olmuş krom esaslı emprenye maddesi bileşiklerinin dağılımında önemli bir değişime neden olurken, bu pH'nın 2.4 den daha yüksek olması durumunda ise, tercihen lignin üzerindeki dağılımda önemli değişiklikler yaratılabilmektedir [17] .

Odundaki şekerleri indirgemek suretiyle  $6^+$  değerlikli kromun  $3^+$  değerlikli kroma indirgenmesi çözeltinin pH'sına da bağlıdır. İndirgenme reaksiyonları ilerlediği için, çözeltinin asiditesi düşmektedir. Fiksasyon süresinin uzaması ve sıcaklığın artışı  $6^+$  değerlikli kromun indirgenmesini hızlandırabilmektedir. Böylece bu, daha az asidik çözeltilerde indirgenme reaksiyonunun daha uzun zamanda olduğunu göstermektedir.  $3^+$  değerlikli krom iyonları ile oluşan ilk reaksiyon ürünü krom arsenatlar olurken, bunu bakır kromat, bakır arsenat, krom kromat ve diğer yan ürünler izlemektedir. pH'daki artışla birlikte  $6^+$  değerlikli kromun başlangıçtaki indirgenmesi arseniğin çökeltilmesi için gerekli olmaktadır. Daha sonraki reaksiyonlar, çözeltideki bileşenlerin konsantrasyonuna ve zamana bağlıdır. Odun ile fikse olmamış aşırı miktardaki bakır, fikse olmuş bakır kromat oluşturmak için,  $6^+$  değerlikli kromun odun şekerleri ile reaksiyonundan önce,  $6^+$  değerlikli krom ile reaksiyona girmektedir [40].

### 1.2.2.3 Odun Türü

Odunun pH'sı, lignin yapısı ve miktarı, ekstraktif madde oranı da fiksasyon reaksiyonlarını etkilemektedir. Odunun doğal haldeki pH'sı, oduna fikse olacak  $6^+$  değerlikli krom miktarı ve selüloz ile lignin arasındaki emprenye maddesi bileşenlerinin dağılımını değiştirmek suretiyle fiksasyonu etkilemektedir. Genel olarak yüksek bir pH seviyesine sahip ağaç türlerinde (örneğin kayın, 5.6), pH'sı düşük yani daha asidik yapıdaki ağaç

türlerine (örneğin çam, 3.7) nazaran fiksasyonun tamamlanması daha uzun sürmektedir. Çünkü daha düşük pH seviyesine sahip ağaç türleri fiksasyon sırasında daha fazla  $6^+$  değerlikli krom erken çökeltme eğilimi göstermektedirler. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan lignin guayasil birimleri ile krom ve bakır bileşikleri, yapraklı ağaçlarda bulunan siringil birimlerine oranla daha stabil kompleksler yaptıklarından, odun içerisindeki mevcut lignin tipi ve miktarı da etkileyici bir faktör olmaktadır [35].

CCA fiksasyonunda reaktif bölge olan ekstraktif maddelerin de rolü özellikle önemlidir. Ekstraktif maddelerin genel bir tipi olan poliflavanoid tanenleri bakır, krom ve arsenik gibi metal iyonları ile kolayca kompleksler oluşturmaktadırlar [41]. Bu metal flavanoid kompleksleri diğer hücre çeperi bileşenleri ile karşılaştırıldığında daha kolay gerçekleşebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, flavanoid-CCA karışımlarının, oda sıcaklığında hemen hemen hızlı bir şekilde çökeltiler oluştururken, bir lignin-CCA karışımının tamamen çökeltilmesi için birkaç saat geçmesi gerektiği görülmüştür. Tüm CCA bileşenleri arasında  $3^+$  değerlikli krom, flavanoidlerle en stabil kompleksler oluştururken, Cu(I) hemen hemen stabil,  $6^+$  değerlikli krom ise daha az stabil kompleksler meydana getirmektedir. Arsenik de flavanoidlerle kompleks oluşturma yeteneğindedir. Fakat krom ve bakırdan daha yavaş bir şekilde kompleks oluşturmaktadır [35].

Ayrıca, ekstraktif madde varlığı, Douglas göknarı öz odununda, diri oduna nazaran fiksasyon reaksiyonlarının neden çok daha hızlı ilerlediğini ve yüksek pH oranına rağmen okaliptis odunlarında reaksiyonların hızlı seyrettiğini açıklamaktadır. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalarda, CCA ile emprenye edilmiş çam öz odununda arsenik yıkanmasının diri oduna nazaran yaklaşık olarak iki kat artlığı ve öz odundaki ekstraktiflerin varlığının, fiksasyon reaksiyonu ile çatıştığını ortaya koymaktadır [35].

Genel olarak odunla CCA emprenye maddesinin etkileşimi üzerine yapılan çalışmalar, çoğu odun bileşeninin bağıllığı için delil oluşturmaktadır. Bu, +6 değerlikli kromun yüksek indirgenme potansiyeli, bir çok organik substrat tarafından bakırın hızlı adsorpsiyonu ve odunda mevcut bir çok reaktif bölgenin varlığı düşünüldüğünde sürpriz bir sonuç olmamaktadır [35].

Fiksasyon reaksiyonlarının geniş bir dağılımını açıklamak amacıyla kapsamlı bir fiksasyon teorisi öne sürülmekte ve bu amaçla, fiksasyonun makro ve mikro aşamaları içerdiği düşünülmektedir. Makro fiksasyonda, CCA bileşenleri esas olarak inorganik



çökeltiiler oluşurken, aynı zamanda ekstraktif maddelerle ve mevcut hücre çeperi bileşenleri ile de reaksiyona girmektedir. Mikro fiksasyonda ise emprenye maddeleri odun yapısı ve türüne bağlı olarak inorganik ve organik reaksiyon ürünleri meydana getirerek, hücre çeperleri boyunca difüze olmaktadır [16].

#### 1.2.2.4. Çözelti Formülasyonu

Emprenye maddesinin kompozisyonu da fiksasyon reaksiyonlarını etkilemektedir. Çözelti içerisinde bakır, krom ve arsenik oranlarının değişimi, bu elementlerin odun içerisinde birbirleriyle ve hücre çeperi bileşenleri ile olan reaksiyonlarını etkileyebilmektedir. Genel olarak, çözelti formülasyonunda artan As oranı ile daha fazla krom arsenatlar oluşmakta ve lignin ile hızlı kompleks oluşumu için  $\text{HCrO}_4$  olarak daha az  $6^+$  değerlikli krom mevcut olmaktadır. Bununla birlikte, artan bakır miktarı ile  $\text{CuCrO}_4$  olarak daha fazla  $6^+$  değerlikli krom bulunmaktadır .

Ayrıca artan arsenik seviyeleri iyon değişim reaksiyonları yolu ile oduna fikse olan bakır kısmını yavaşlatabilmekte veya azaltabilmekte ve bu durum çözelti pH'sının düşmesi ile oldukça sık görülmektedir .Genel olarak düşük krom içeren formülasyonlarda önemli arsenik yıkanmaları meydana gelebilmektedir. Bakır yıkanmasının çok düşük krom içeren formülasyonlarda artmasına rağmen, bakır fiksasyon üzerine krom miktarının etkisi ise daha az belirgindir [42] .

Emprenye maddesi çözeltisi içerisinde bakır oranının azalması, fiksasyon oranını artırmakta ve genel olarak çözelti içerisinde bakır konsantrasyonunun azalması daha iyi fiksasyon sonuçları vermektedir. +6 değerlikli kromun ortamda varlığı, bakırın fiksasyonunu hızlandırabilmekte ve benzer bir etki de arseniğin varlığı ile söz konusu olabilmektedir. Bazı durumlarda arseniğin yüksek konsantrasyonları, bakırda olduğu gibi iyi sonuçlar vermektedir [41,43]. Yine bazı şartlarda, ortamda bakırın bulunması arseniğin fiksasyonunu azaltabilmekte ve bunun nedeni de muhtemelen bakır tarafından kromun tüketilmesi olmaktadır. Krom miktarı, bakır ve arseniğin yıkanmaya karşı direncinin belirlenmesinde en önemli faktördür. Krom olmaksızın bakır yıkanmaya karşı bir miktar dirençli iken ortama krom ilavesi ile bakır konsantrasyonunun herhangi bir seviyesinde, bakır fiksasyon oranı büyük ölçüde artmaktadır. Arsenik tek başına kolayca yıkanabilen bir

element olduğundan, çözeltiliye krom ilavesi oldukça önemlidir. Bakır veya arsenik konsantrasyonu çözelti içerisinde sabit bir seviyede iken, krom miktarındaki artışlar yıkanmaya karşı dirençleri artırmaktadır .Bununla birlikte, bu ilişki doğrusal olmayıp, artan krom miktarı, yıkanmaya karşı direnç üzerine gittikçe daha az etkili olmaktadır [44].

### **1.2.2.5 Retensiyon Miktarı**

Suda çözünen emprenye maddelerinin yıkanması üzerine retensiyon miktarının etkisi pratik uygulamalarda daha büyük bir öneme sahiptir. Genel olarak yıkanabilir arsenik yüzdesinin artan retensiyon miktarı ile düştüğü belirlenmiştir. Bu etki, emprenye maddesi çözeltilisinde bulunan krom miktarının artışına benzemektedir. Yüksek retensiyon seviyelerinde, hücre çeper bileşenlerine toplam kromun daha düşük bir kısmının adsorbe edilmesinden dolayı, arsenik ile reaksiyona girecek kromun miktarı artmaktadır. Ayrıca, yüksek retensiyon seviyeleri oduna daha fazla su iticilik özelliği kazandırmakta ve böylece yıkanan element miktarı da sınırlandırılmaktadır [16]. CCA ile emprenye edilen ağaç malzemede yapısal özelliklerin bozunması ile ilgili yapılan çalışmalarda, CCA' nın yüksek konsantrasyonlarda, odunun yıllık halkalarının yaz odunu tabakasında fikse olduğu saptanmıştır. Bilindiği gibi, yaz odunu tabakası ilkbahar odunu tabakasına karşılık daha yüksek bir özgül ağırlığa sahiptir. Bu tabakanın yüksek direnç özelliğinden dolayı, CCA ile işlemlerde, odun bileşikleri üzerine asit hidrolizinin etkisi aşırı bulunmamaktadır [43]. Bununla birlikte, ilkbahar odunu tabakası daha düşük özgül ağırlığa sahip olup, CCA emprenye maddesi konsantrasyonu da daha düşüktür. Asit hidrolizinin, odunun yaz ve ilkbahar odunu tabakalarındaki lignin ve holoselüloz fraksiyonları üzerinde etkisi farklı olmakta ve bu nedenle bu iki tabaka arasında zayıf bir zon oluşabilmektedir. Bu zon, iki tabaka arasında bir ara yüzey meydana getirebileceğinden, bu olayın sonunda ağaç malzemede bazı çatlaklar oluşabilmektedir.

### **1.3. CCA Emprenye Maddelerinin Yıkanma Mekanizması**

Hizmet ömrünü tamamlamış CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin tekrar değerlendirilmesi aşamasında yıkanma mekanizmasının bilinmesi önemlidir. Yıkanma

mekanizmasının tam olarak aydınlatılmasıyla atıl haldeki ağaç malzemelerden CCA uzaklaştırılarak, ağaç malzemelerin çevreye ve insanlara herhangi bir zarar vermeden tekrar kullanılmaları mümkün olacaktır.

CCA' nin yıkanmasına neden olan faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1. Emprenyenin ve fiksasyonun etkisi,
2. Ortam koşullarının etkisi
3. Odun örneği veya ağaç malzemenin boyutları,
4. Odun türü,
5. Ağaç malzemenin hizmette bulunma süresi,
6. pH, tuzluluk derecesi, sıcaklık.

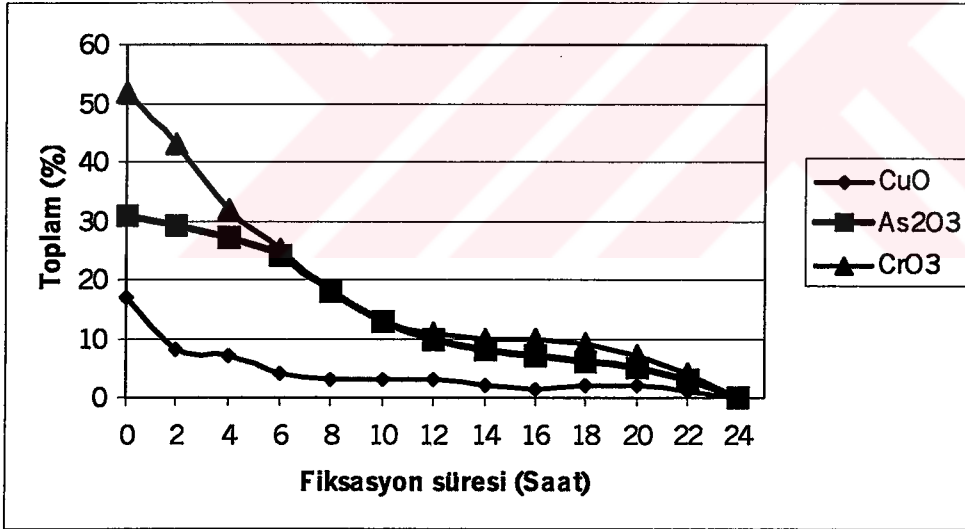
### 1.3.1. Emprenyenin ve Fiksasyonun Yıkanmaya Etkisi

Krom-bakır-arsenik (CCA) genellikle  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CuO}$  ve  $\text{As}_2\text{O}_5$  bileşiklerinin değişik oranlarda karışımıdır. CCA'nın en yaygın olan üç tipi bulunmaktadır ve CCA-A tipi %65.5  $\text{CrO}_3$ ; %18.1  $\text{CuO}$  ve %16.4  $\text{As}_2\text{O}_5$ ; CCA-B tipi %35.3  $\text{CrO}_3$ ; %19.6  $\text{CuO}$  ve %45.1  $\text{As}_2\text{O}_5$ ; ve CCA-C tipi %47.5  $\text{CrO}_3$ ; %18.5  $\text{CuO}$ , ve %34.0  $\text{As}_2\text{O}_5$  oranlarındadır [45]. Kullanılan formülasyona ve CCA tipine bağlı olarak bakır, krom ve arseniğin yıkanma miktarlarının değiştiği tespit edilmiştir [45]. Cserjesi yaptığı çalışmada, CCA-B tipi ve CCA-C tipi maddelerle emprenye ettiği odun örneklerini iki yıl boyunca dış ortamda bırakmış ve iki yılın sonunda CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklerden yıkanan bakır ve arsenik miktarının CCA-C tipiyle emprenye edilen örneklere göre 2 kat daha fazla olduğunu tespit etmiştir [46]. CCA emprenye maddeleri krom, bakır ve arsenik tuzları olarak da formüle edilebilmektedir, ancak bunun yıkanmaya karşı çok az bir etkisi olduğu belirtilmiştir [45]. Bununla birlikte, Rak and Clarke, bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) içeren CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklerde yıkanan CCA miktarının bakır oksit ( $\text{CuO}$ ) içeren CCA emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklere oranla çok daha fazla olduğunu bildirmiştir [47]. Emprenye işleminde uygulanan basınç periyodunun süresi ve uygulanan son vakumun süresi de yıkanan CCA miktarını etkilemektedir [48].

Tel direkleri CCA ile basınçlı yöntemler ile emprenye edildikten sonra fiksasyon süreci başlar. Bu aşamada, oduna nüfuz eden bakır, krom ve arsenik kimyasal olarak

bağlanır veya odunda sabitleşir (fiksasyon). Fiksasyonu etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan önemli olanları sıcaklık, ortamın bağıl nemi, odun türü ve kullanılan CCA'nın bileşimi olarak sıralanabilir [45]. Bunun yanında, odun örneklerini fiksasyon tamamlanmadan kurutulması fiksasyon sürecini engelleyebilir [45]. CCA'nın oduna fiksasyonu, odundan yıkanan CCA miktarını direk olarak etkilemektedir. Şekil 3'de CCA'nın yıkanması ve fiksasyon derecesi arasındaki ilişki verilmiştir.

Homan, ve arkadaşları oda sıcaklığında 14-38 gün süreyle fiksasyonu tamamlamış örnekler yıkanmaya maruz bırakıldığında, 124-2805 mg krom/m<sup>3</sup>, 56.7-67.5 mg bakır/m<sup>3</sup> ve 2.82-27.6 mg arsenik/m<sup>3</sup> yıkandığını tespit etmişlerdir. Odun örnekleri 30-35°C ve %75 bağıl neme sahip ortamda 91 saat süreyle fiksasyona tabii tutulduktan sonra yıkanmaya maruz bırakılmış ve 380-471 mg krom/m<sup>3</sup>, 78.3-91.5 mg bakır/m<sup>3</sup> ve 2.46-2.60 mg arsenik/m<sup>3</sup> yıkanmıştır. Odun örnekleri 72°C de buharla 100-120 dakika süreyle fiksasyona tabii tutulduktan sonra yıkanmaya maruz bırakılmış ve 5.49-11.4 mg krom/m<sup>3</sup> 36.4-135 mg bakır/m<sup>3</sup> ve 2.52-35.6 mg arsenik/m<sup>3</sup> yıkanmıştır [49].



Şekil 3. CCA ile emprenye edilmiş ve 45°C'de fiksasyon işlemi tamamlamış odun örneklerinde meydana gelen yıkanma kayıpları [45].

### 1.3.2. Ortam Koşullarının Yıkanmaya Etkisi

Genel olarak, emprenyeli ağaç malzemelerde yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarı, yüksek yağış alan ve makul sıcaklıklara sahip olan yerlerde daha soğuk ve kuru bölgelere

oranla daha fazla olmaktadır [45]. Bununla birlikte, devamlı yağış alan yerlerdeki örneklerdeki yıkanma miktarı, aynı miktarda fakat kısa ve yoğun yağış alan yerlere oranla çok daha fazladır [48]. Benzer şekilde, suyla veya suyla doymuş hale gelmiş toprakla temas halindeki emprenyeli ağaç malzemedeki yıkanma miktarı, periyodik olarak yağış alan ortamlarda maruz bırakılan ağaç malzemelere oranla çok daha fazla gerçekleşmektedir [45].

### 1.3.3 Ağaç Malzemenin Boyutları

Yapılan yıkanma çalışmalarının çoğu küçük örnekler kullanılarak yapılmıştır. Bunun nedeni daha hızlı sonuç almak ve laboratuvar şartlarını kontrol altında tutmak içindir. Ancak laboratuvar sonuçlarını dış ortamdaki gerçek yıkanma oranlarına çevirmek olanaksızdır ve doğru bir tahmin yapmaya imkan vermemektedir [5].

Potansiyel yıkanma kayıpları ağaç malzemenin yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Yıkanmaya maruz kalan ağaç malzeme yüzeyi ve yıkanan CCA miktarı arasında direk bir ilişki vardır. Yıkanmaya maruz kalan yüzey arttıkça, yıkanan CCA miktarı da artmaktadır. Küçük odun örnekleri kullanıldığında, ıslanma oranı ve ağaç malzemenin direk yıkanma ortamına maruz kalan yüzeyi artarken, difüzyon mesafesi azalmaktadır. Difüzyon ve nüfuz etme katsayı teğet yüzeye göre lifler yönünde on üzeri bir kaç kat daha fazla olduğundan, yıkanma kayıpları oldukça fazla olmakta ve dış ortamın sonuçlarıyla mukayese edilmesi mantıklı değildir [5,10].

Ağaç malzemenin yüzeyinde potansiyel olarak yıkanması kolay olan CCA kalıntısı ve fikse olmayan CCA den dolayı, ağaç malzeme kullanım yerine yerleştirildikten kısa bir süre sonra yıkanma miktarı yüksek olmaktadır [45]. Bu periyottan sonra yıkanma yavaşlar ve elementlerin zamanla dengelenmesine kadar devam eder. Küçük boyutlu CCA ile emprenyeli odun örneklerinin yıkanmaya maruz bırakıldığında yıkanma miktarının ilk 6 saat içinde başlangıç miktarına göre en fazla olduğunu, 18 saat sonunda 1/5-1/10 nun yıkandığını ve 18 ile 24 saat arasında gerçekleşen yıkanma miktarı sadece 1/100'nün kadar olduğunu bulmuşlardır [45]. Teichman ve Monkman yaptıkları çalışmada benzer şekilde, CCA ile emprenye edilmiş akça ağaç ve huş odun örnekleri yıkanmaya maruz bırakıldığında ilk üç gün içerisinde yıkanan arsenik miktarının başlangıç miktarına göre yaklaşık yarısının yıkandığını tespit etmişlerdir [50].

### 1.3.4. Odun Türü

CCA emprenye maddelerinin fiksasyonunu etkileyen faktörleri açıklarken belirtildiği üzere, odunun doğal kimyasal yapısı fiksasyonun kalitesini etkilemektedir. Yüksek hemiselüloz, düşük lignin oranlarına ve iğne yapraklı ağaç odunlarından farklı lignine sahip yapraklı ağaç odunlarındaki yıkanma miktarları genellikle, aynı şartlardaki iğne yapraklı ağaç malzemeye oranla daha fazla olmaktadır [5,10].

Yüksek yoğunluğa dolayısıyla düşük geçirgenliğe sahip türler yıkanmaya karşı daha fazla direnç göstermektedir. Bununla birlikte, düşük geçirgenliğe sahip odunlar CCA ile emprenye edildiğinde, CCA odunun yüzeyinde yoğunlaştığından, yıkanma ortamına direk olarak maruz kalmakta ve daha fazla yıkanma meydana gelmektedir [5,51].

Düşük pH seviyelerinde yıkanma miktarları odun türüne göre değişmektedir. Örneğin, jack çamındaki (*Pinus banksiana*) yıkanma miktarının, güney çamına (*Pinus teade*) ve Douglas göknarına göre daha fazla olduğu bildirilmiştir [5,52].

### 1.3.5. Ağaç Malzemenin Serviste Bulunma Süresi

Emprenyeli ağaç malzemelerin servise yerleştirildikten hemen sonra yıkanma miktarı en yüksek seviyededir. Bunun nedeni, tam olarak fikse olmayan ve yüzeyde kalan kimyasal maddelerin kolayca yıkanmasıdır. Ayrıca, yüzeydeki kimyasal maddesinin konsantrasyonunun o anda en yüksek seviyede olması da yıkanma miktarının yüksek olmasına neden olmaktadır. Yıkanma miktarı zamanla azalmaktadır. Genel olarak, diğer birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, yıkanma miktarı zamanın karekökü ile doğru orantılıdır [53,54,55].

### 1.3.6. pH, Tuzluluk Derecesi, Sıcaklık ve Organik ve İnorganik Bileşiklerin Yıkanmaya Etkisi

Fikse olan CCA bileşenlerinin çözünürlüğü, yıkanma suyu asitliğinin artması (pH' nın düşmesi) ile artmaktadır. Bununla birlikte, bu konuda halen tartışmalar sürmektedir. pH' nın 3 den daha az olduğu seviyelerde, odunun kendisi asit tarafından bozundurulur ve yüksek miktarda bakır, krom, arsenik kayıpları meydana gelir. Daha az asidik ortamlarda (pH 3.5 ile

6), yıkanma miktarı pH' nın düşmesi ile artmaktadır [5,38]. pH' nın 4.5 olduğu ortamda, bakırın tamamen yıkandığı bildirilmektedir. Özellikle sitrik asitin bakır ve kromla reaksiyona girerek onları suda çözünebilir kompleksler haline getirmekte ve tamamen yıkanmalarına neden olmaktadır [56]. Diğer yandan, pH'nın [5,57] çok yüksek olduğu alkali ortamlarda da yıkanma artmaktadır [5,58,59].

Tuzluluk derecesi de yıkanma miktarını etkilemektedir. Tuzluluk oranının % 24 den daha az olduğu durumlarda yıkanan bakır miktarı azalmaktadır. Bunun nedeni ise tuzla bakırın tepkimeye girerek suda çözünmeyen bakır kristalleri haline geçmesi olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte, tuzluluk derecesinin %32 den daha fazla olduğu ortamlarda yıkanma miktarı artmaktadır [35].

Sıcaklık yıkanmayı artıran diğer bir faktördür. Özellikle düşük sıcaklıklarda yıkanma miktarı azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda, 20°C de yapılan deneylerde yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının 4°C de yapılabildiğine göre daha fazla olduğu bulunmuştur [10,35].

Organik topraklarda yaygın olarak bulunan fülvik veya humik asitler gibi kompleks organik asitlerin yıkanmayı hızlandırdıkları düşünülmektedir [25,38]. Yapılan bir çalışmada, CCA ile emprenye edilmiş jack çam (*Pinus banksiana*) odun örnekleri tarım toprağına ve organik maddece zengin kompost üzerine yerleştirilmiş ve organik maddece zengin kompost üzerindeki örneklerden yıkanan CCA miktarı tarım toprağındakilere göre iki kat daha fazla gerçekleşmiştir. Yıkanan bakır miktarı arseniğe oranla çok fazla olurken, çok az miktarda krom yıkanmıştır [60]. Diğer yandan, formik asit, laktik asit ve asetik asidin de yıkanmayı etkileyeceği bildirilmiştir [45]. Evans CCA ile empreyeli odun örneklerini laktik ve asetik asitçe zengin ortamda yıkanmaya maruz bırakmış ve iki yılın sonunda kromun %50-60'ının bakırın %20-50'sinin ve arseniğin %75-80'nin yıkandığını tespit etmiştir [61]. Laboratuvar testlerinde yıkanma suyuna asetik asit ilavesinin yıkanma miktarını önemli miktarda artırdığı bildirilmiştir [62]. Metal komplekslerin çözünürlüğü ve dolayısıyla hareketliliği (mobility) pH'nın düşmesiyle artmakta ve bu kompleks metallerin daha kolay yıkanmasına neden olmaktadır. Genel olarak asidik koşullar altında (pH 3.5-6) pH'nın azalmasıyla yıkanma artmaktadır [45]. Kim ve Kim CCA ile emprenye edilmiş tsuga odunu örnekleri pH=3 olduğu ortamda yıkanmaya maruz bırakıldığında bakırın %16-25'i uzaklaştırılırken, pH=4 de bakırın sadece %1'i yıkanmıştır [63]. Murphy ve Dickinson benzer şekilde yaptıkları çalışmada, CCA ile empreyeli çam odunu örnekleri pH 3 koşullarında yıkanmaya

maruz bırakıldığında bakırın %40'ı yıkanırken, pH 5.6'da kayda değer yıkanma olmadığını saptamışlardır [64]. Her iki pH'da da herhangi bir krom yıkanması olmamıştır. pH'nın 3'ün altında olduğu durumlarda, odun kimyasal olarak degradasyona uğradığından yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarı çok fazla olmaktadır [45].

İnorganik bileşiklerin de CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının artmasına neden oldukları tespit edilmiştir. Plackett kalsiyum klorit, magnezyum nitrat veya 1:1 oranında dipotasyum hidrojen orto-fosfat ve potasyum dihidrojen orto-fosfat içeren çözeltilerin iyonik dayanıklılığı artırmak suretiyle bakırın yıkanmasını yükselttiğini belirtmiştir [65]. Berghoim CCA ile emprenyeli odun yongalarını çözünebilir inorganik bileşikler içeren bataklık turba toprağında yıkanmaya maruz bırakıldığında yıkanan bakır miktarının önemli oranda arttığını saptamıştır [66]. Ayrıca, Teichman ve Monkman 0.1 N sodyum hidroksit gibi yüksek alkali (bazik) ortamlarda CCA ile emprenyeli odun örneklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının arttığını bildirmişlerdir [50].

### 1.3.7. CCA Yıkanma Araştırmaları

Kullanım yerlerindeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yıkanma araştırmalarını yapmak, başlangıçtaki orijinal CCA retensiyonları genellikle bilinmediğinden çok güçtür [35]. Bunun için, toprak altı ve üstünde kalan kısımdaki CCA retensiyonu kıyaslanarak bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak yoluna gidilmiş ve toprak altında kalan kısımda önemli ölçüde daha fazla yıkanmanın olduğu varsayımı kabul edilmiştir [35]. Bu varsayımdan yola çıkarak yapılan bir çalışmada, CCA ile emprenyeli direklerden alınan örneklerde arseniğin %11-21'nin yıkandığı saptanırken, bakır ve krom miktarlarında önemli bir kayıp bulunmamıştır [67]. 32 yıldır kullanımda olan düşük oranda arsenik içeren CCA-A tipi emprenye maddesiyle emprenye edilmiş güney çamı (*Pinus Spp.*) tel direklerinden toprak seviyesinden 110 cm yukarisından ve 20 cm aşağısından alınan örneklerde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarında herhangi bir fark bulunamamıştır [68]. Bununla birlikte, killi topraklardaki arsenik konsantrasyonunun direğin toprak seviyesindeki ilk 5 cm'lik kısmındakinden 4 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir [68]. Bu bulguyla çelişmesiyle birlikte Suzuki ve Sonobe CCA ile emprenyeli tel direklerinden lifler yönünde kestikleri



örnekleri toprağa yerleştirmişler ve 6 aylık periyotlarla 6 yıl süreyle toprakta ve odun örneklerinde bakır krom ve arsenik konsantrasyonlarında hiçbir değişiklik olmadığını tespit etmişlerdir [69]. Diğer bir çalışmada, CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen 7 yıl boyunca açık alan testine bırakılmış ve toprak seviyesinin 20 cm aşağısından alınan örneklerde arseniğin %23-57'si yıkandığı bildirilmiştir [65]. Hedley 15 yıldır kullanımda olan direklerin toprak seviyesinin altından ve üstünden aldığı örneklerde yaptığı analiz sonucunda, toprak seviyesinin altından alınan örneklerdeki bakır ve arsenik konsantrasyonu toprak seviyesinin üstünden alınan örneklere oranla biraz daha az olduğunu tespit etmiştir [70]. Evans ve Edlund 20-43 yıl boyunca kullanımda olan CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenyeli iskoç çam (*Pinus sylvestris* L.) kazıklarındaki bakır kaybının %23, krom kaybının %19 ve arsenik kaybının %25 olduğunu bildirmişlerdir [72]. Jin ve arkadaşları 44 ay boyunca kullanımda olan CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenyeli güney çamı (*Pinus spp.*) kazıklarındaki bakır kaybının %20.5, krom kaybının %8.9 ve arsenik kaybının %21.5 olarak gerçekleştiğini saptamışlardır [72]. Cserjesi yaptığı çalışmada, CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenyeli odun örneklerinin yıkanma suyundaki bakır ve arsenik konsantrasyonunun hiçbir zaman 10 ppm'i geçmediğini, ilk 5 ayda en yüksek değerine ulaştığını ve ikinci yılın sonunda bakır ve arsenik konsantrasyonlarının ölçülemeyecek kadar az seviyede olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, krom konsantrasyonunun sabit olarak 1 ppm'in altında olduğunu tespit etmiştir [46].

#### **1.4. Tel Direklerinin Hazırlanması ve Emprenyesi**

##### **1.4.1. Tel Direklerinin Hazırlanması**

Tel direklerinin hazırlanması ve emprenye maddeleriyle emprenye edilmesinin ana amacı mantar ve böceklerin direklerde bulunan çatlaklardan iç kısımlara girerek emprenye maddesinin nüfuz etmemiş kısımlarına ulaşmalarını önlemek ve bu sayede tel direklerinin hizmetteki kullanım sürelerini arttırmaktır. Bir emprenye maddesinin nüfuz derinliği uygulanan emprenye yöntemine, emprenye işlemine, ağaç türüne ve diri odunun öz odununa oranına bağlıdır. Tel direklerinin hazırlanması kullanım süresini büyük oranda etkilemektedir. ABD'deki Batı Odun Korumacılar Enstitüsünün (Western Wood Preservers

Institute [WWPI]), tel direklerini kullanım yerlerinde denetleyip ve değerlendirdikten sonra sundukları raporda tel direklerinin kullanım ömürlerinin daha da artırabileceğini bildirmişlerdir. Daha doğrusu, emprenyeli tel direklerinin beklenen kullanım ömürlerinin genellikle 35-45 yıldan 50-75 yıla kadar arttırılabileceği ihtimalini ortaya koymuşlardır [73]. Bu iddianın daha çok son yıllarda ağaç tel direklerine karşı piyasaya sürülen odun-dışı tel direklerinin (beton, metal vb.) ortaya çıkmasından dolayı bu piyasadaki rekabetin kızışmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tel direklerinin hazırlanması aşaması kabuk soyma, kurutma, kondüsyonlama, delgileme (incising), kesme ve delme işlemleri gibi birkaç değişik adımı içermektedir [1,74].

**Kabuk soyma:** Emprenye maddelerinin ağaç malzeme içine nüfuz etmesini sağlamak için kabuk ve iç kabukla beraber kambiyum tabakasının da soyularak uzaklaştırılması gerekmektedir. Aynı zamanda kabuğun soyulması emprenye açısından önemli olan kuruma bakımından da gerekli olmaktadır. Kabuğun soyulmasıyla ağaç malzeme mantar ve böcek zararlarına uğramadan hızlı bir biçimde kurumaktadır. Soyma bakımından çeşitli usuller tatbik edilmektedir. El ile ya da kabuk soyma aletleriyle odunun soyulması en uygun ilkbaharda ve yaz başlangıcında olur. Çünkü bu zamanda kambiyum tabakası yumuşak bir haldedir. Kabuk soymada odunun tamamen beyazlatılması gerekir. Dış kabuk, iç kabuk, kambiyum ve son yıla ait dış odun tabakasının soyularak uzaklaştırılmasına beyazlatma denilir. Bazı hallerde odun üzerinde kabuğun şerit veya parçalar halinde bırakılması gerekmektedir [1,74,75].

Emprenye tesislerinde çeşitli kabuk soyma makineleri bulunmaktadır. Bunları 5 grup altında toplanabilir [1,74,75]:

1. Kesici bıçaklar yardımıyla kabuk soyma makineleri: Kesici döner bıçakları olan kabuk soyan makinelerde kabuk bıçaklar yardımıyla kesilerek soyulmaktadır. Bu tip makineler sabit veya taşınabilir olmak üzere 2 tiptir,

2. Sürtünme etkisiyle kabuk soyan makineler:

- Tekneli kabuk soyma makineler,
- Silindirli kabuk soyma makineleri.

3. Silindir şeklinde olan kabuk soyan makineler,

4. Hidrolik kabuk soyma makineleri: Bu makinelerde yüksek basınçlı su yardımıyla kabuk soyulmaktadır:

- Halkalı hidrolik kabuk soyma makineleri,
- Buhar patlaması (Eksplasyon) etkisiyle kabuk soyma makineleri.

5- Kimyasal yöntemler yardımıyla kabuk soyma: Bu yöntemin prensibi vejetasyon periyodu başlangıcında canlı ve dikli ağaçlarda transpirasyon akımı içerisinde kambiyumu dolayısıyla ağacı öldüren kimyasal maddelerin sevk edilmesi olayıdır. Genel olarak kambisit adı verilen kimyasal maddelerin etkisiyle kambiyum tabakası öldürülmektedir. En fazla kullanılan maddelerden birisi sodyum arsenittir. Genellikle bunun %40'lık çözeltisi kullanılır. Bir diğeri kloro asetattır. Bu madde de suda %40'lık çözeltisi veya bulamaç halinde kullanılmaktadır. Bu madde ladinde oldukça etkilidir. Çam da ise etkisi oldukça azdır. Diğer türlerde etkisizdir. Sodyum arsenit ise her türde etkilidir. Kimyasal kabuk soymada normal kabuk soymaya nazaran zaman tasarrufu %40-50'dir. Kimyasal kabuk soymada dikili halde ölen ağaçların kuruması ve ağırlığının azalması dolayısıyla taşıma bakımından öneli avantajlar sağlamaktadır. Aynı zamanda ağaç kabuklu halde kuruduğu için çatlama olayı da azalmaktadır. Sodyum arsenit kullanılması durumunda kabuk böceklerine karşı koruyucu bir etki sağlamakta ve kitle halindeki böcek üremelerinin önüne geçilmektedir. Fakat sodyum arsenit aynı zamanda hayvanlar için güçlü bir zehirdir. Dikili ağaç gövdesinin bir kısmında çevresel olarak 10-20cm genişlikte bir kabuk şeriti soyulmak suretiyle diri odun kısmı açığa çıkarılır. Kabuktan temizlenen halka üzerine çözelti veya bulamaçlı haldeki kambisitler sürülür [1,74,75].

**Buharlama:** Buharlama yolu ile kurutma, ağaç malzemenin enine kesit büyüklüğüne bağlı olarak değişmekte ve 1-20 saat süreyle 105-118 °C sıcaklıktaki buhar kullanılmaktadır. Buharlamadan sonra 1-3 saat arasında 550 mm vakum süresince 1 m<sup>3</sup> ağaç malzemenin 64-80 kg su çıkartabilmektedir. Buharlama ile kurutma en çok çamda ve Avrupa'da da ladinde uygulanmaktadır [1,13,74].

Bu yöntem, her ne kadar suda çözünen tuzlarla emprenye edilecek ağaç malzeme kullanılırsa da kreozot ve organik çözücülü emprenye maddeleri ile işlem göreceğ ağaç malzeme de uygulanmaktadır. Ancak, suda çözünen tuzlar kullanılmak istendiğinde, ağaç malzeme buharlamadan sonra, emprenye işleminden önce soğutulmalıdır. Aksi takdirde emprenye maddelerinde çökme meydana gelecektir. Buharlama yöntemi en iyi şekilde

iğne yapraklı ağaçlarda uygulanmakla beraber bu işlemde ağaç malzemenin direncinin azalması ve çarpılması söz konusu olmaktadır. Örneğin; sahil tipi Douglas göknarında buharlama yasaklanmıştır. Yapraklı ağaçlarda da iyi sonuç alınmamaktadır. Bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde ciddi direnç kayıplarını önlemek için buharlama sıcaklığı ve süresi sınırlandırılarak, buharlama sıcaklığı 120-127 °C arasında tutulmaktadır. Buharlama süresi ise başlangıç rutubetli, ağaç türü, malzeme kalınlığı, yoğunluğu ve buharlama sıcaklığı ile değişmektedir. Bazı tesislerde buharlama işlemi emprenye kazanında yapılmakta, bazı tesislerde ise buharlama ve emprenye kazanı ayrı olmakla, birinde buharlama yapılırken, diğerinde emprenye işlemi gerçekleştirilmektedir [1].

Yöntemin en önemli yararı, emprenye işleminde nüfuz derinliğinin artmasını sağlamasıdır. Her ne kadar tüm ağaç türlerinde nüfuz kabiliyetini artırırsa da buharlamanın kullanılması, başka bir şekilde emprenye edilemeyen bazı ağaç türleri için geçerli olmaktadır [1].

**Kurutma:** Taze haldeki ağaç malzemedeki hücre boşluklarındaki serbest su emprenye maddelerinin alımını engellenmektedir. Bu bakımdan, emprenye yöntemlerinin çoğunda, emprenye işlemlerinden önce ağaç malzemenin kurutulması ve fazla suyun dışarı çıkartılması gerekmektedir. Ayrıca, kurutulmamış malzeme emprenye edildikten sonra çatlamaya daha fazla eğimli bulunmaktadır. Meydana gelen bu çatlaklardan ise mantarlar malzemenin emprenye maddelerinin nüfuz etmemiş olan iç kısımlarına kolaylıkla girebilmektedir. Bu nedenlerle emprenyeden önce ağaç malzemenin en azından LDN'nin altına kadar kurutulması gerekmektedir [1,74].

Emprenye endüstrisinde ağaç malzemenin kurutulması için, çoğunlukla açık havada, yani doğal kurutma yöntemi tercih edilmektedir. Açık havada kurutma emprenye fabrikalarının depolarında yapılmaktadır. Mantar enfeksiyonlarını önlemek ve malzemenin amaca uygun şekilde kurutulmasını sağlamak bakımından şu hususlara dikkat edilmedir;

1. Depolar rutubetli, sisli yerlerde kurulmamalı, düz yerlerde olmalı, su birikintisi bulunmamalıdır, depo yeri temiz ve ot olmamalıdır,
2. İstifler üzerinde dekovil, kamyon, istifleme araçları işleyen esas yollara paralel olarak kurulmalıdır,
3. Kurulacak istifler toprakla temas etmemelidir. İstiflerin toprak yüzeyinden yüksekliği en az 30-40 cm olmalıdır (en iyisi 50-60 cm'dir),

4. İstiflerin üstü örtülü olmalıdır
5. İstiflerin ön tarafı hakim rüzgarların geldiği yönde olmalıdır [74].

**Buharla Kurutma:** Bu kurutma metodu özellikle yapraklı ağaçlardan elde edilen normal hat ve köprü traverslerinde kullanılmaktadır. Az miktarda iğne yapraklı ağaçlarda da uygulanmaktadır. Kurutma, ağaç malzeme yüzeyinde 138-160 °C'de yüksek kaynama dereceli organik çözücülerin buharlarının yoğunlaşmasıyla uygulanmaktadır. Kondenzasyon meydana geldiğinde çözücünün ısısı yükselerek buharlaşmaktadır. Organik çözücülerle karışık haldeki su buharı, bir kondansatörden geçirilerek yoğunlaştırılmakta ve ayrıştırılarak su miktarı ölçülmektedir. Kurutma süresi ağaç malzemenin boyutlarına bağlı olarak 8-18 saat arasında değişmektedir. Bu yöntemle kurutulacak ağaç malzeme, genellikle kreozot veya organik çözücülü koruyucularla emprenye edilmekle beraber, suda çözünen tuzlarla da emprenye edilebilmektedir [1,74].

**Açık Havada Kontrollü Kurutma :** Her iki şekilde de ağaç malzeme, uzun kurutma odaları içersinde hareket eden arabalar üzerine yerleştirilmekte ve oda içine boyuna yönde sıcak hava verilmektedir. Hava sıcaklıkları kontrol edilerek, ağaç malzeme kanalın soğuk ucundan sıcak ucuna doğru hareket ettirilmektedir. Kurutma zamanı birkaç günden iki haftaya kadar olabilmekte ve malzemenin kalınlığı veya boyutlarına bağlı olarak değişmektedir [1].

Bu yöntem özellikle çam direklerinde rutubeti, lif doygunluğu noktasına veya arzu edilen daha düşük derecelere kadar indirmek için kullanılmaktadır. Kurutma sonunda ağaç malzemedeki gerek yüzeysel, gerekse iç çatlaklar oluşabilmektedir. Özellikle traverslerde yüzeysel çatlakları önlemek üzere 5 mm kalınlığında kaplama levhalar liflere dik gelecek şekilde yüzeylere yapıştırılmaktadır. Ayrıca, uç çatlaklarının önlenmesi için rutubet önleyici boya veya parafin emülsiyonları sürülmektedir. Bazı hallerde de enine kesitlere şerit, 'S' veya halka şeklinde metal kısımlar çakılarak yarıma önlenmektedir [1].

**Fırında Kurutma :** Her türlü kereste veya tel direği kurutma fırınlarında havanın, malzemenin enine veya boyuna yönlerinde bir uçtan diğer uca hareket ettirilmesi ile kurutulmaktadır. Kurutma sıcaklıkları ve zamanı, malzemenin boyutlarına ve ağaç türüne göre değişmektedir. Son yıllarda yabancı ülkelerde direklerin, kurutma fırınlarında kurutulması gelenek haline gelmiştir. 66-104 °C'deki kurutma sıcaklıkları ile bir haftadan az bir zamanda tel direklerinin rutubetini lif doygunluğuna veya daha az rutubet derecelerine indirmek mümkün olmaktadır [1].

#### 1.4.2. Emprenyeden önce yapılan mekanik işlemler

Ağaç malzemedeki gerekli biçme, rendeleme ve burgu ile delik açma gibi her türlü mekanik işlemler emprenyeden önce yapılmalıdır. Zira, emprenyeden sonra yapılan mekanik işlemler dışarıdan içeriye doğru emprenye edilmiş tabakanın kalınlığını azaltmakta veya meşe, çam, melez gibi ağaçlarda emprenye edilmemiş öz odun kısımlarının yüzeye çıkmasına neden olmaktadır. Buna karşılık, emprenyeden önce yapılan mekanik işlemler, yüzeye çıkan öz odun tabakasının belirli bir derinliğe kadar emprenye edilmesine imkan vermektedir [1,74].

Uygulanacak emprenye yöntemlerinin başarılı sonuç vermesi için gerekli olan mekanik işlemler aşağıda açıklanmıştır.

**Boyutlandırma:** Emprenye işleminden önce her türlü ağaç malzemenin son boyutlarına göre hazırlanmış olması gerekir. Çünkü, sonradan yapılacak kesme, delme gibi işlemlerle emprenye edilmeyen kısımlar açığa çıkarılarak, bitkisel ve hayvansal odun zararlılarının etkisine hazır hale getirilmiş olur [1,74].

**Tornalama İşlemleri:** Ağaç direklerde emprenye maddesi geçme derinliğini yükseltmek ve düzgün bir görünüm elde etmek amacıyla, kambiyum tabakasını da kapsayan ince bir kısım odunun, hidrolik veya pnömatik prensiplerle çalışan torna makinelerinde soyulması ve yuvarlatılması işlemidir [1,74].

**Ağaç Direklerde Delgi (Incising) İşlemleri:** Emprenye maddesinin nüfuzuna direnç gösteren ağaç türlerinde bu güçlüğü önlemek ve daha derin ve homojen bir emprenye sağlamak için emprenye edilecek ağaç malzemenin bütün yüzeyine veya çürüme tehlikesinin en fazla olduğu kısma 12-20 mm derinlikte olmak üzere ufak yarıklar şeklinde delikler açılmaktadır. Bu yarıkların boyu genellikle liflere paralel yönde olup uzunluğu 6-19 mm, genişliği ise 3 mm dir. Tel direklerde çürümenin en fazla meydana geldiği toprak içi ve toprağa yakın 90-100 cm'lik kısımda delikler açılmaktadır. Söz konusu işlemler için özel makineler geliştirilmiştir. Açılan bu delikler genellikle liflerin yanlara itilmesi şeklinde, özel dişlerle açıldığından direklerin mekanik özelliklerine olumsuz bir etkileri olmamaktadır [1,13,74].

### 1.4.3 Tel Direklerinin Emprenyesi

#### 1.4.3.1. Basınç Uygulayan Yöntemler

Basınç uygulayan yöntemler, ağaç malzemenin emprenyesinde en önemli ve başarılı endüstriyel yöntemlerdir. Bu yöntemleri uygulayan tesislerde, ağaç malzeme çelik bir kazan içersine yerleştirilmekte ve emprenye maddesi, yaklaşık  $10 \text{ kp/cm}^2$ lik hidrolik bir basınçla, 1-6 saat süre içersinde odun hücreleri içersine sevk edilmektedir [1].

Basınç uygulayan yöntemler içinde iki genel yöntem en fazla kullanılmaktadır. Bunlar dolu hücre ve boş hücre yöntemleridir. Ayrıca, dolu ve boş hücre yöntemleri kadar geniş kullanım alanı olmayan osilasyon, değişken basınç yöntemler ile Avustralya'da kullanılan çok yüksek basınçlı yöntemler de vardır [1,74].

#### 1.4.3.1.1. Dolu Hücre Yöntemleri

##### 1.4.3.1.1.1. Bethell Yöntemi

Bu yöntem, 1838 yılında John Belhell tarafından bulunmuştur. Hemen hemen geçen 150 yıl içinde mühendislik alanında ve teknolojiye büyük gelişmeler olmasına karşın, uygulamanın esas prensiplerinde bir değişme olmamıştır. Bu yöntemin prensibi ağaç malzemenin emprenye edilen kısmı içine alabileceği kadar fazla emprenye maddesinin verilmesidir. Böylece emprenye edilen kısımda hücre çeperlerinden başka bütün hücre boşluklarının içi emprenye maddesi ile doldurulur. Genellikle bu yöntemde suda çözünen tuzlar kullanılmaktadır. Tel direklerinin emprenyesinde kreozotla dolu hücre metodu kullanılmasına son verilmiştir. Çünkü kreozotla dolu olan odunsu hücrelerden bir süre sonra sızma olmakta ve kirli bir görünüm meydana gelmektedir. Bu durum işçiler için de büyük bir sağlık sorunu yaratmaktadır. Suda çözünen tuzlar kullanıldığında odun içine giren emprenye maddesinin suyu emprenyeden sonra buharlaşmakta ve hücre çeperinin yüzeyi ve içinde sadece emprenye tuzlarının kristalleri kalmaktadır. Bu yöntemin boş hücre yönteminden en önemli farkı; emprenye işleminin başlangıcında bir vakum uygulanmasıdır. Burada amaç odun içindeki havanın dışarı çıkarılmasıdır [74].

Bethell yönteminde emprenye maddesi olarak hem kreozot hem de wolman tuzları Celcure, Tanalith,-U, Volmanit CB gibi suda çözünen tuzlar ve son yıllarda piyasaya sürülen arsenik içermeyen suda çözünen tuzlar kullanılmaktadır.

**Ön vakum işlemi:** Ağaç malzemenin emprenye maddesini daha kolay bir şekilde alabilmesi için ön vakum yapılarak, odunsu hücreler içindeki hava dışarı alınmaktadır. Genellikle 635 mm'lik bir vakum kullanılmaktadır. Vakum süresi; ağaç malzemenin kalınlığı, ağaç türü ve özgül ağırlıkla ilgili olarak 15 dakika ile 1 saat arasında değişmektedir [1].

**Emprenye maddesi verilmesi:** Ön vakum muhafaza edilerek emprenye maddesi kazana sevk edilmekte ve kazan doldurulmadan vakum kaldıramamaktadır. Çünkü kazan içersinde kalan hava veya emprenye eriyiğinden oluşan su buharı kazanın üstünde sıkışabilmektedir. Ayrıca, vakum kaldırıldıktan sonra emprenye maddesi sevki devam ettiğinde, buhar ağaç malzemenin boşalmış kısımlarına dolarak absorpsiyon miktarının azalmasına neden olmaktadır [1].

**Basınç periyodu:** Emprenye maddesi sevki sona erince vakum kaldırılarak basınç uygulamaya başlanmakta ve yavaş yavaş 10-14 kp/cm<sup>2</sup>'ye kadar yükseltilmektedir. Yeterli emprenye maddesi absorpsiyonu sağlanıncaya kadar ağaç malzeme belli bir süre bu basınçta tutulmaktadır. Basınç uygulama süresi, ağaç malzemenin kalınlığı ve emprenye edilebilme kabiliyeti dikkate alınarak 1-6 saat arasında olmakta, daha sonra basınç kaldırılmaktadır. Bu sırada ağaç malzemedeki odunsu hücreler içindeki basınçla bir miktar hava genişleyerek % 5-15 kadar emprenye maddesi kendiliğinden ağaç malzemedeki dışarı verilmektedir [1].

**Emprenye maddesinin kazandan dışarı alınması:** Basınç uygulamasına son verildikten sonra emprenye maddesi kazandan, alttaki depolama kazanına alınmaktadır. Depolama kazanı altta olduğu için emprenye maddesi kendiliğinden, bu kazana geçmektedir [1].

**Son vakum:** Son olarak 635 mm'lik bir vakum yapılmakta ve 10-15 dakika süre ile vakum sabit tutulmaktadır. Amaç, kazandan çıkarılan ağaç malzemedeki fazla emprenye maddesinin kendiliğinden dışarı sızmasını önlemektir [1].



#### 1.4.3.1.2. Boş Hücre Yöntemleri

Fazla kreozot harcayan dolu hücre metodu ile yapılan uygulamanın maliyeti yüksek olduğundan, daha ekonomik, devamlı olarak yeter derecede koruma sağlayacak yöntemler araştırılması yoluna gidilmiş ve boş hücre yöntemleri bulunmuştur.

Bu yöntemde bir başlangıç vakum periyodu yoktur. Emprenye maddesinin odun içerisine girmeden önce odun içinde hava bulunmaktadır. Basınç kademesi sona erdiğinde odun içindeki sıkıştırılmış hava nedeniyle ardından fazla miktarda emprenme maddesi dışarı atılır. Hücrelerin içi boştur. Fakat hücre çeperleri emprenye edilmiştir. Yöntemin amacı kreozot miktarı ile emprenye masrafını azaltmak ve buna karşılık yeterli nüfuz sağlamaktır. Yöntem özellikle, kreozot ve ağır petrol yağında çözünmüş olan PCP ye mahsustur. Suda çözülmüş tuzlar nadiren kullanılır [74].

Son kademede uygulanan vakum ise hücre boşlukları içindeki fazla emprenye maddesinin emilerek dışarı alınmasını sağlar. Bu yöntemle traversler, tel direkleri, çit direkleri, kereste ve diğer ağaç konstrüksiyon malzemesi emprenye edilir.

Boş hücre yöntemlerinden en önemlileri Rüping yöntemi ile Lowry yöntemidir. Hem Rüping, hem de Lowry yöntemlerinde uygulama, ön vakum işlemi dışında, dolu hücre yöntemine benzemektedir.

##### 1.4.3.1.2.1 Rüping Yöntemi

Bir boş hücre yöntemi olup, 1902 yılında Alman mühendis Max Rüping tarafından bulunmuştur. Bu yöntemle daha önce açıklanan Bethell yönteminden daha ekonomik yani daha az miktarda kreozot kullanımı sağlanmaktadır. Varılan sonuç, ağaç malzeme emprenye endüstrisinin gelişmesinde büyük rol oynamıştır. Yönteme, ekonomik emprenye yöntemi adı da verilmektedir. Kreozotla emprenyede, en fazla tercih edilen bir yöntem olarak yıllardan beri kullanılmaktadır [1,13,74].

**Ön hava basıncı:** Hava kurusu haldeki ağaç malzeme kazana yerleştirildikten sonra, yaklaşık 4 kp/cm<sup>2</sup>lik bir basınç uygulanarak kazandaki hava sıkıştırılmakta, böylece ağaç malzeme hücrelerindeki hava da sıkıştırılmış olmaktadır. Kullanılan basınç miktarı, odunun permeabilitesi ve absorbe edilecek emprenye maddesi miktarı ile ilgili olarak

değişebilmektedir. Genel olarak bu metoddaki basınç artırıldıkça ağaç malzemeyi emprenye etmek kolaylaşmakta, ayrıca emprenye maddesi miktarı absorpsiyonu azalmaktadır. Böylece büyük çapta emprenye maddesi, ağaç malzemedan geri atılmaktadır. En başarılı sonuçlar kurutulmuş ağaç malzemedede elde edilmekte, taze haldeki ağaç malzeme kullanılacaksa daha önceden buharlama, buharla kurutma veya Boultonize işlemlerinin yapılması gerekmektedir [1].

**Emprenye maddesi sevki:** Bu safhada uygulanan hava basıncı korunarak odunsu hücrelerin içinde sıkıştırılmış hava bulunması sağlanmaktadır. Pratikte, emprenye maddesi kazanın altından basınçla verilmektedir. Bu arada basıncın sabit kalmasını temin etmek üzere üst tarafta bulunan ventillerden belli bir hızla havanın çıkmasına izin verilmektedir. İşlem süresince kazandaki kreozot 65-100 °Cye kadar ısıtılmakta, ilk hava basıncı ve kreozot verilmesi 30 dakika sürmektedir [1].

**Basınç periyodu:** Kazan kreozotla tamamen doldurulduktan ve gerekli sıcaklık derecesine ulaştıktan sonra, kazandaki basınç yavaş yavaş 10-14 kp/cm<sup>2</sup> ye kadar çıkartılmaktadır. Uygulanan basınç ağaç türü ile değişmektedir. Güç emprenye edilen ağaçlardan özellikle bazı iğne yapraklı ağaçlar (*Abies lasiocarpa*) ile bazı düşük yoğunluktaki yapraklı ağaçlar (*Fagus grandifoliayda*) uygulanacak yüksek basınçlar ve yüksek sıcaklıktaki kreozot kollapsa neden olmaktadır. Bu gibi ağaç malzemedede yüksek sıcaklık ve düşük basınç uygulanması gerekmektedir [1].

Bu aşamada yapılan hidrolik basınçlar, emprenye maddesinin odun içersine girmesini sağlamakta ve hücrelerdeki havayı daha da sıkıştırmaktadır. Gerekli absorpsiyon sağlanıncaya kadar kazandaki basınç sabit tutulmaktadır. Basıncın kaldırılması ile hücrelerdeki hava hızla genişlemekte ve malzeme içine girmiş olan emprenye maddesinin büyük bir kısmı dışarı atılmaktadır.

Dolu hücre yöntemi ile karşılaştırıldığında en belirgin fark; boş hücre yönteminde vakum uygulamadan geri atma işleminin söz konusu olmasıdır. Bazen absorbe edilen emprenye maddesinin % 60'a kadar olan miktarı dışarı atılmaktadır [1].

**Emprenye maddesinin dışarı alınması:** Basınç serbest bırakıldıktan sonra kazandaki tüm emprenye maddesi, depolama tanklarına geri alınmaktadır.

**Son vakum:** Bu aşamada, fazla miktardaki emprenye maddesinin tekrar kazanılması söz konusudur. Böylece kazandan çıkarıldıktan sonra ağaç malzemedan kreozot akmamakta ve yüzeyler temiz kalmaktadır [1].

#### 1.4.3.1.2.2. Besi Suyu Çıkarma Yöntemi

Bu yöntem 1838 yılında Fransız Dr. Auguste Boucherie tarafından bulunmuştur. Yöntemin esası, yeni kesilmiş taze haldeki, kabuğu soyulmamış ağaç gövdelerinde besi suyunun, emprenye maddesi ile yer değiştirmesi esasına dayanmaktadır. Başlangıçta yöntem, dikili halde veya yeni kesilmiş ağaçlarda kabuklu, dallan ve yaprakları üzerinde olan gövdelere bir kap içersindeki emprenye çözeltisinin bağlanması ile gerçekleştirilmiştir. Yapraklardan su buharlaştıkça emprenye maddesinin diri oduna çekilmesi, yani besi suyu ile emprenye maddesinin yer değiştirmesi sağlanmıştır. Ancak, sonraları yöntem daha da geliştirilerek kesimden sonra en geç iki hafta içinde kabuğu soyulmamış direklere uygulanmaya başlanmıştır [1].

Geliştirilmiş Boucherie metoduna göre; taze haldeki, kabukları soyulmamış tel direkleri hafif meyilli destekler üzerine 30 cm aralıkta kalın uç yukarda, ince uç aşağıda olacak şekilde yerleştirilmekte ve kalın uçlarına kapsüller takılmaktadır. Kapsüller bir boru yardımı ile 10 m yüksekliğindeki 1500 litre hacmindeki emprenye maddesi deposuna bağlanmakta ve kapsüllerdeki basınç  $1.5 \text{ kp/cm}^2$ 'ye kadar ulaşmaktadır. Toprak içindeki depodan çözelti bir pompa ile yukarıdaki depoya basılmakta ve genellikle bu yöntemde % 1.5' luk bakır sülfat çözeltisi kullanılmaktadır. Ağaç türüne göre değişmekle beraber, birkaç gün içersinde (8-14 gün) mavi renkli emprenye maddesi, tel direğin ince ucundan akmaya başlamakta ve tüm diri odun emprenye edilmektedir. Emprenye çözeltisi günde ortalama 1.5 m'lik bir hızla direk içersinde ilerlemektedir. Uygulama sona erdikten sonra, direkler 5-8 gün kabuklu olarak bırakılmakta, daha sonra kabukları soyularak korumaya terk edilmektedir. Yöntem Avrupa'da ve değişik şekilleri ile Japonya, Hindistan, Tanzanya, Uganda'da halâ kullanılmaktadır. Bakır sülfat kolay yıkandığı ve demire etki ettiği için son zamanlarda modern suda çözünen tuzların kullanılması ve bunların, odunda kimyasal reaksiyonlarla çözünmez hale gelmeleri ile yöntem tekrar önem kazanmıştır [1].

#### 1.4.3.1.3. Yerinde Bakım Yöntemleri

Açık havada kullanılan ağaç malzemenin bazı kısımları, diğer kısımlarına göre daha fazla tahrip edilmekte veya böyle yerlerde emprenye maddelerinin koruyucu etkileri daha

kısa zamanda kaybolmaktadır. Örneğin; açık hava etkisi altında bulunan bütün enine kesitler veya odun içine doğru giren kesitler, tehlikeli kısımlardır. Buralarda çürüme riski yüksektir. Çünkü bu kısımlarda rutubet, liflere paralel yönde, liflere dik yöne göre daha hızlı ilerlemekte, böylece oduna zarar veren organizmalar için uygun yaşama şartları meydana gelmektedir. Ağaç malzemenin devamlı veya bir süre rutubetle karşı karşıya kalan kısımları tehlikeli (çürüme riski yüksek) kısımlar olarak kabul edilmektedir. Örneğin; telekomünikasyon ve elektrik direklerinin tepe kısmı, alt tarafta toprak yüzeyine yakın kısımları, iki tel direğini birleştiren yatık bağlamanın her iki direk ile oluşturduğu açı, ağaç köprü ayakları ve yapılardaki kiriş başları özellikle tehlikeli olan ve çabuk çürüten kısımlardır [74].

Tehlikeli kısımların korunmasında, bu kısımların etrafına veya içersine konsantre halde empenye tuzları tatbik edilerek, tuzların zaman içinde difüzyon yolu ile malzemeye nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Ancak, difüzyon için yeterli rutubet gereklidir. Bu esastan hareketle ağaç malzemeyi korumayı hedefleyen yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

**Bandaj Yöntemi:** Difüzyon esaslı olan bandaj yöntemi empenye teknolojisinde önemli bir rol oynamaktadır. İlk defa Almanya'da 1928'de kullanılmıştır. 1938'de yöntem olarak uygulamaya geçilmiştir. Bu yöntemde ağaç malzemedeki mantarlar tarafından kolay çürütülebilen tehlikeli kısımların korunması için; telefon, telgraf ve elektrik direklerinin alt kısımlarına bandaj tatbik edilmektedir. Bilindiği gibi direklerde toprak yüzeyinden 30 cm yukarıdan ve 30 cm aşağıda bulunan 60 cm lik kısım tehlikeli kısımdır. Bandaj yöntemi hem yeni hem de eski direklere uygulanabilir. Özellikle tel direklerinin dikili halde iken dayanma sürelerinin uzatılmasında kullanılmaktadır. Böylece tel direğin toprak seviyesinden 50-60 cm derinlikte çepeçevre bir çukur açılmakta, direkte bulunan çürüklükler ve toprak temizlendikten sonra bulamaç haldeki empenye maddesini içeren 50-60 cm genişlikte ve uzunlukları direk çapı ile ilgili olarak değişen hazır bandajlar bu kısma sarılmaktadır. Hazır bandajların iç kısmında bulamaç şeklinde empenye maddesi, dış kısmında bitümlü bir örtü kısmı bulunmakta ve tehlikeli kısımlara sarılmaktadır [74].

İç yüzeyden ağaç direğin rutubeti ile ıslanan bulamaç şeklindeki empenye maddesi, difüzyon yolu ile odun içersine yayılmakta, ancak dıştaki sığa ve soğuga dayanıklı bitümlü maddeler empenye maddesinin yıkanmasını engellemektedir. 5 yılda bir yenilendiğinde, bu yöntemle tel direklerin çok uzun süre dayanması sağlanmaktadır. Bununla birlikte,

ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımda olan tel direkleri beklenenden çok daha kısıda çürümesi ve atıl hale gelmesine rağmen bandajların tel direklerine uygulanması sırasında işçilerin ve o bölgede yaşayan insanların zehirlenmelerinden dolayı bandaj yöntemi uygulanmamaktadır [74].

**Wolman Bandajı:** Geniş yüzeyi bandajın ilk şeklidir. Bandajın en dışında hava ve su geçirmeyen Tegula dokusu, bunun altında dış mekanik etkilere karşı koruyucu olan çelik tel kafes, daha altta su geçirmeyen bir doku, bunun altında Wolman tuzu (wolmanit= alkali bikromatlı veya alkali bikromatsız HF maddesinden oluşur) ile doldurulmuş bir aralık ve en altta da emprenye tuzları çözeltisini geçiren bir tabaka bulunmaktadır [1].

**Sargı Bandajı:** 15 cm genişlikte ve birkaç m. uzunlukta katranlı çatı mukavvası veya bitümlü bir dokudan yapılmış olan bantlardır. Ayrıca kenevirle dokunmuş veya bitüm ile su geçirmez hale getirilmiş bantlar da kullanılabilir. Tehlikeli kısım yüzeyi temizlenir. Üzerine emprenye bulamacı sürülür ve üzeri bandajla sarılır. Kullanılan emprenye maddesi % 50 kreozot + %50 NaCl'dir [1].

**Geniş Yüzeyle Bandajlar:** 60 cm. genişliğindedir. Uzunluğu direk çapına göre değişir. İç tarafta geçirgen bir tabaka, dış tarafta ise geçirgen olmayan bir tabaka bulunur. Bu tabakalar arasında suda çözünen emprenye tuzları ve emprenye bulamacı bulunur. Emrenye maddesi olarak NaF, NaCl içeren tuzlar kullanılır. Bunlar kendiliğinden direğe yapışmaktadır. Günümüzde arsenik içermeyen Florlu emprenye tuzları kullanılmaktadır. Bandajlar 4 yılda değiştirilmektedir. Ladinde 4 cm. ye kadar nüfuz sağlanmıştır [1].

**Boyun Bandajları:** Birbirine çakılmış bulunan iki tel direği birleştiren yatık bir bağlantının direklerle temas ettiği kısımlar, tehlikeli kısımlar olduğundan buralarda boyun bandajları kullanılır. Ortalama dayanma süresi 21 yıl olan Ruping yöntemi ile emprenye edilmiş bir direğin emprenye süresi 20. ve 30. yıllardaki bandaj takviyesi ile 40 yıla yükseltilmektedir [1].

**Tepe Koruma Yöntemi:** Direğin ince ucu tehlikeli bir kısım oluşturmaktadır. Bu kısımlarda kolayca çürüklük meydana gelebilir. Bunun için kenevirden dokunmuş ve dikilmiş bir yastık içinde suda çözünen emprenye tuzları tel direğin ince ucunun enine kesiti üzerine yerleştirilir. Bunun üzerine de üzeri delikli bir sac levhadan yapılmış bir başlık takılarak direklerle yastık arasında emprenye maddesi tutturulur. Bu şekilde koruma yönteminde geliştirilen yeni tiplerde alt tarafta geçirgen bir yastık içinde tuz karışımı ihtiva

eden bir emprenye maddesi bulunur. Yastık üzerine ise delikli bir plastik tabaka katlanmıştır [13].

**Kobra Metodu:** Bu metod telefon telgraf ve elektrik direklerinde çürüme tehlikesinin en fazla olduğu toprak yüzeyine yakın kısımlarında olmak üzere 1- 1,5 m. uzunluğundaki kısımlarda tatbik edilmektedir. Bu amaçla özel bir alet de geliştirilmiştir. Aletteki kızak tertibatında bulunan manivela kolunun aşağıya indirilmesiyle ağaç malzemedeki uç tarafı yassı olan bir iğne yardımıyla 4-8 cm uzunluğunda yarık biçiminde bir delik açılmaktadır. Kolun yukarı kaldırılmasıyla da iğne içindeki boşluktan açılan delikler içine 3-5 cm<sup>3</sup> miktarındaki emprenye maddesi sevk edilmektedir. İğne delikten çıktıktan sonra ağzı liflerin esnekliği nedeniyle tekrar kapamaktadır. 100 cm. genişliğindeki bir kısımda çevresel olarak 150- 200 kadar delik açılır. Çoğunlukla emprenye bulamacı kullanılır. Yöntem taze direklerde takviye amacı ile ise eski direklerde kullanılmaktadır. Çoğunlukla NaF ve Dinitrofenol içeren bir madde kullanıldığı gibi bazen bunlara arsenik fenollerini de katılır. Fakat yöntem zaman alıcıdır [1,74].

Dikili haldeki ağaç direklerde yapılmış olan ilk emprenye işlemi zamanla etkisini kaybetmektedir. Bu durumda çürüme riskinin yüksek olduğu kısımlarında tel direklerine bulamaç halinde emprenye tuzlarının bandaj şeklinde uygulanmasından başka, diğer bir yöntem olarak kobra metodu kullanılabilir. Kobra metodundaki emprenye maddesi de bulamaç halde olup, genellikle;

% 54 sodyum fluorür,

% 22 dinitrofenol,

% 21 anhidrid arsenik pentoksit,

% 3 katkı maddeleri, içermektedir [1].

Bu yöntem genellikle toprak hattında başlangıç çürüklüğü görülen dikili direklerde kullanılmaktadır. Kobra yöntemi uygulanan direklerin ömrü 15-20 yıl daha uzatılabilir. Esas itibariyle uygulama, vakum-basınç metotları ile emprenye edilen direkler dikildikten 10 sene sonra başlamakta ve her 4-5 yılda bir tekrarlanması tavsiye edilmektedir [1].

Ülkemizde kobra metodu uygulamasında "Wolmanit B-karışım" kullanılmaktadır. Sodyum fluorür, dinitrofenol ve sodyum dikromat içeren kuru tuz haldeki bu emprenye maddesi, 1:1 oranında su ile karıştırılarak emprenye bulamacı hazırlanmaktadır. Zehirlilik

sınıfı 2 olan Wolmanit B-karışım orijinal ambalajında rutubetten korunmalı, gıda ve yem maddelerinden uzak bir yerde depolanmalıdır [1].

**Oyma delik metodu:** Ağaç malzemede belirli aralıklarla liflere dik veya meyilli olarak burgu ile açılan delikler içine toz, sıvı veya bulamaç şeklinde emprenye maddesi tuzları veya çubuk şeklinde emprenye maddesi konsantresi doldurulur. Deliklerin çapı 1,5–2,5 cm, uzunluğu ise malzeme kalınlığının  $\frac{3}{4}$  ü kadardır. Deliklerin ağzı ağaç mantar veya mantar tıpa ile kapatılır. Sıkıştırılmış emprenye tuzu çubukları 10-12 mm çapında, 8-10 cm uzunluktadır. Bu yöntem genellikle köprülerde, su inşaatı ve yapılarda çürüme tehlikesi olan kısımlarda ve özellikle dışarıya doğru çıkıntılı olan kiriş başları ve yuvarlak direklerin korunması için kullanılır. Uygulama sırasında ağaç malzeme rutubeti  $> \%20$  olmalıdır. Emprenye maddelerinin yayılmasında yağmur sularının rolü büyüktür. Ayrıca bu yöntem traverslerin takviyesinde, tel ve çiti direklerinde bulunan özellikle toprağa yakın kısımlarda ve soğutma depolarının kulelerindeki taşıyıcı kısımlarda uygulanır [1].

Bu yöntem, çürüme riskinin yüksek olduğu yerlerde kullanılan ağaç malzemede uygulanmaktadır. Örneğin; köprülerde ve su içi inşaatlarda kullanılan, özellikle enine kesitle son bulan, dışarı doğru çıkıntılı kiriş başları veya yuvarlak ağaç direklerin korunmasında kullanılmaktadır [1].

Emprenye maddesinin yayılması, malzemenin rutubeti ve yağmur sularının yardımı ile oluşan bir difüzyon olayıdır. Emprenye maddesi kuru tuz halinde veya sıkıştırılmış çubuk halinde kullanılırsa, ağaç malzeme içersindeki rutubetin  $\% 20$ 'nin üzerinde olması gerekmektedir. Malzeme içersinde koruyucu tuzların yayılması esas itibariyle liflere paralel yönde olup, liflere dik yönde yayılma çok az olmaktadır. Bir elips şeklinde olan yayılmanın uzunluğu, liflere dik yönde 30-40 cm, liflere paralel yönde ise 4 cm dir. Yeterli bir koruma sağlayabilmek için, deliklerin uygun aralıklarla açılması gerekmektedir [1].

Bu yöntem; emprenye edilmiş eski tel direklerin ve çit direklerinin toprak yüzeyine yakın tehlikeli kısımlarında, traverslerde, ağaçtan yapılmış su soğutma kulelerinin taşıyıcı kısımlarında da uygulanmaktadır. Ancak, ince çaplı malzemede sık açılan deliklerin, direnç özelliklerini azaltıcı etkisi daima göz önünde bulundurulmalıdır.

### 1.5. CCA İle Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemelerin Hayat Çemberi

CCA ile emprenyeli ağaç malzemenin üretimi, kullanımı ve kullanım süresini tamamlayıp atıl hale gelinceye kadar geçen aşamaların incelenmesiyle CCA'li ağaç malzemelerin hayat-çemberi analizi test edilmektedir. Bununla birlikte, odun ve emprenye edilmiş odunlarla ilişkili çevresel etkilerin çok geniş olması nedeniyle, geniş kapsamlı hayat-çemberi analizi yapmak için gereken çalışma miktarı çok fazladır. Bu nedenle, hayat-çemberini oluşturan aşamaların bölünerek tek tek incelenmesi gerekmektedir. CCA ile emprenye edilmiş tel ve telefon direklerinin üretimi için gerekli olan kaba materyal-akış diyagramı Şekil 4'de verilmektedir [76].

#### A) Orman Yönetimi

Hayat-çemberinin bu aşaması orman alanlarının tekrar kullanımı, genişletilmesi, hasat ve ormanların bakımını içerir. Ormanlardaki ağaçların kesiminde kullanılan makinelerin havaya emisyonları (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO), ve kullanılan gübre ve yabancı otlara karşı kullanılan pestisidlerin çevreye olumsuz etkileri vardır. Orman yönetiminde anahtar genel düşünce biyolojik çeşitliliktir. Ne zaman bir eko-sistem dönüştürüldüğünde veya yok edildiğinde bitki ve hayvan popülasyonundaki değişim test edilerek araştırılmak zorundadır [76].

#### B) Direk üretimi

Ağaçlar kesildikten sonra, kabukları soyulmak zorundadır, istenilen boyutlara kesilip kurutulduktan sonra emprenye edilir ve fiksasyonun tamamlanması sağlanır. Bunlara ilave olarak kullanılan makinelerden çıkan gazların emisyonu, kullanılan enerji, katı atıklar (kabuk, talaş vb.) ve suda çözünen atıklar hayat-çemberi analizine dahil edilir. Ayrıca bu katı atıkları kullanılarak üretilen diğer odun ürünleri veya enerji üretimi de dikkate alınmalıdır [76].

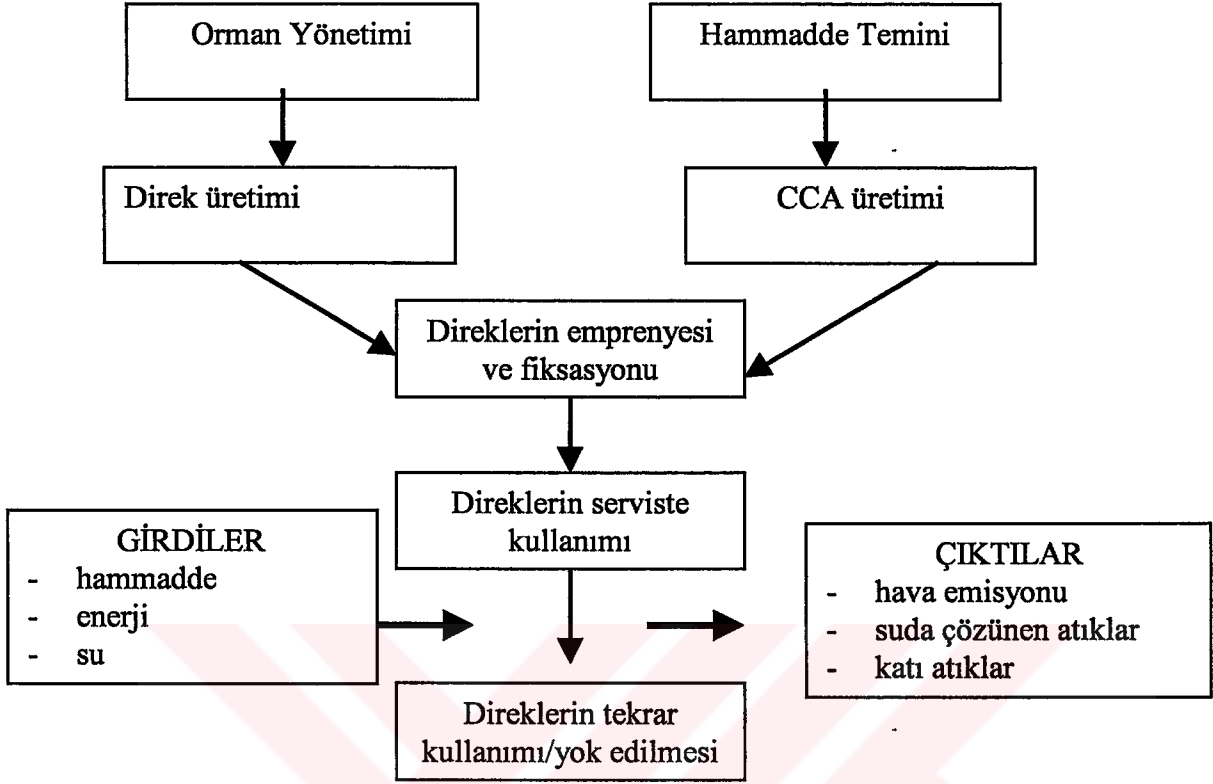
#### C) Materyal Temini

CCA bileşenlerinin üretimi sırasında, bazı çevresel etkiler sözkonusu olmaktadır. Enerji tüketimi, teçhizat emisyonu, toz, katı atıklar, çevrenin tahribatı ve maden ocağı çevresindeki biyolojik çeşitliğin değişimi incelenmelidir [76].

#### D) CCA Üretimi

Başlangıç CCA çözültüsü üretimi genellikle konsantredir ve daha sonra emprenye tesislerinde istenilen düşük konsantrasyonlara seyreltilir. Temel çevresel endişeler genellikle bu konsantre çözültünün seyreltilmesi sırasında suya ve/veya toprağa karışmasıdır [76].





Şekil 4. CCA ile emprenye edilmiş tel direklerinin hayat-çemberi

#### E) Direklerin Emprenyesi ve Fiksasyonu

Direklerin emprenyesi ve fiksasyonun tamamlanması aşırı enerji tüketimi gerektirir (emprenye sırasında uygulanan vakum basınç ve emprenye işleminden sonraki kurutma için) ve potansiyel CCA'nın dökülmesi veya direklerden CCA'nın yıkanması, hayat-çemberinde direklerin emprenyesi ve fiksasyonu aşamasında ana sorunlardır [76].

#### F) Emprenyeli Direklerin Kullanımı

Tel direklerinin kullanımı sırasında, potansiyel CCA bileşenlerinin yıkanmasının yanında, bu elementlerin toprağın iç kesimlerine hareket etmeleri üzerinde durulması gereken ana noktadır.

CCA ile emprenyeli direklerin hayat çemberinin bu aşamasına özel önem verilmelidir çünkü tüketiciler ve genel olarak insanların doğrudan emprenyeli direklerle temas halinde olmalarından dolayı yüksek bir risk içermektedir [76].

### G) Direklerin tekrar kullanımı (recycle) ve bertaraf edilmesi (disposal)

CCA ile emprenyeli direkler kullanım ömürlerini tamamlayıp atıl hale geldiğinde bunların ne yapılması gerektiği sorusu gündeme gelmektedir. Atıl haldeki CCA emprenyeli direklerin boş alanlarda depolanması, bu alanların boşa kullanılmasının yanında, direklerden yıkanan veya direklerin yakılması sonucu ortaya çıkan bakır, krom ve arseniğin doğaya olumsuz etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Halen kapsamlı olarak hazırlanmış odunun kullanım ömrü analizi (life-cycle analysis) araştırmaları mevcut olmamasına rağmen, bu konuda bazı araştırmalar yapılmıştır. Kanada Forintek'te yürütülen bir araştırmada, inşaat malzemesi olarak odun ve oduna alternatif olan diğer malzemelerin kullanım ömrü analizleri incelenmiş ve birbirleriyle kıyaslanmışlardır [77,78]. Bu çalışmada alternatif odun ve çelik konstrüksiyonlar için gerekli olan girdi ve çıktılar kıyaslanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6'de verilmiştir. Tablo 6'den de açıkça görüldüğü gibi, odun çok daha az elektrik ve su gereksinimi duyarken, çelik konstrüksiyonlar daha fazla katı atık ve emisyon üretirler. Bununla birlikte, bu girdi ve çıktıların önemlilik derecesi hakkında kesin yargıya varmadan, bu iki odun ve çelik tasarımlarının çevreye verdiği etkiler konusunda kesin karar vermek oldukça zordur.

Tablo 6. Alternatif odun ve çelik konstrüksiyon dizaynları için çevresel girdi ve çıktılar [77].

Girdiler/Çıktılar	Odun	Çelik
Elektrik tüketimi ( 1000 GJ)	5.46	17
Su tüketimi (1000m <sup>3</sup> )	3.5	82
Karbondioksit (1000 kg)	406	1171
Katı atıklar (ton)	165	180
Uçucu organik bileşikler (kg)	334	504
Metan gazı(kg)	47	33
Nitrojen oksitler (kg)	1557	1067
Sülfür dioksit (kg)	578	2767

Diğer bir çalışmada, İsveçli bir araştırmacı grubu 12 metrelik kreozot ve CCA-B tipi emprenye maddeleriyle emprenye edilen tel direkleriyle çelik, beton ve alüminyum direkleri

karşılaştırmışlardır [79]. Teorik olarak 100 yıllık kullanım ömrüne sahip direklerin karşılaştırılması sonucunda, odun tel direklerinin daha az enerji gereksinim duydukları ve daha az miktarda kirletici gaz açığa çıkardıkları belirtilmiştir. Bazı kirletici gazların emisyonu sadece çelik, beton ve alüminyum direkler için geçerli olmakla birlikte, kreozotun uzaklaşması, bakır, krom ve arseniğin yıkanması sadece odun tel direklerine özgü sorundur. Çelik ve alüminyum direklerin tekrar değerlendirilmesi hesaba katıldığında, her bir direkten açığa çıkan kirletici gazların miktarı ve tüketilen enerji miktarı açısından diğer alternatif direklere göre daha iyi olduklarını belirtilmiştir [79].

## **1.6. CCA Elementlerinin Toprakta Hareketleri ve Reaksiyonları**

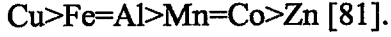
### **1.6.1. Ağır Metallerin Topraktaki Hareketleri**

Ağır metaller toprakta, iyon değişim bölgelerinde absorblanmış olarak, kristallerin ve kristal olmayan inorganik çökeltilerin yüzeyinde, organik bileşikler tarafından kompleksleştirilmiş biçimde veya toprak çözeltileri gibi birkaç farklı yapıda meydana gelebilirler [80]. Bu metallerin hareketleri ve oluşturdukları yapıların temeli toprağın direk kendi özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Toprak, hem organik hem de inorganik katı kümeler halinde bir araya gelmiş; hava veya suyla veya her ikisiyle dolu olan kapılar boşluklardan oluşmaktadır [81]. Genel olarak, toprağın tekstürü, yüzey alanı, serbest demir oksitlerin yüzde miktarı ve toprağın pH'sı bir elementin topraktaki hareketlerini tahmin etmede en kullanışlı özelliklerdir [82].

Topraktaki organik maddeler canlı organizmalardan ve ölmüş bitkisel maddelerden veya çöplerden oluşmaktadır [81]. Bunlar, genellikle hümik ve hümik olmayan organik maddeler olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Humik olmayan materyaller amino asitleri, karbonhidratları, organik asitleri, yağları ve canlı organizmalar tarafından her hangi bir değişikliğe uğratılmamış asitleri kapsar [81].

Metaller inorganik çökeltilerden daha çözünebilir bileşikler oluşturmak için organik materyallerle kompleksleşebilir [80]. Düşük molekül ağırlıklı organik ligandlar (bağlayıcılar, tutucular) yaklaşık olarak mevcut karboksil grupların sayısı kadar aynı sayıda organik tutucu bölgesi sayısına sahiptir ve bunların metallerle kompleksleşerek çözünebilir

bir yapı oluşturdıkları bilinir [81]. Bu komplekslerin kararlılığı organik maddenin karakteristiğine ve bu reaksiyona giren metale bağlıdır. Tipik olarak, metallerin organik maddelerle bağlanmasındaki kararlılığın azalan sıraya göre dizilimi aşağıdaki gibidir:



Toprağın pH'sı hem organik hem de inorganik metallerin absorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Ağır metallerin toprağa difüzyon oranı pH'nın artmasıyla maksimuma ulaşırken, katyonların özel adsorpsiyonu büyük ölçüde pH'ya bağlıdır [81]. Normal toprağın pH'sı rutubetli bölgelerde 5-7 arasında değişirken, kurak bölgelerde 7-9 arasındadır. Bununla birlikte, ekstrem koşullarda toprağın pH'sı en düşük 2 ve en yüksek 10.5 olabilmektedir [81].

Metallerin toprağa doğru hareketi aşağıdaki üç yoldan birisiyle; serbest iyon veya kompleks olarak, suyla birlikte kütle akışı şeklinde veya metal yüklü parçacıkların topraktaki boşluklara hareket etmesiyle gerçekleşmektedir [80].

### **1.6.2. CCA'nın Topraktaki Hareketi: Açık Alan Araştırmaları**

DeGroot ve arkadaşları CCA ile emprenyeli 30 yıl süreyle kullanımda olan kazıkların bulunduğu ince kumlu topraklarda yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Toprak seviyesinden 30.5 cm altında ve 15.2 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerindeki arsenik ve krom miktarları kontrol örneklerindekiyle aynı bulunmuştur. Bakır konsantrasyonunda da aynı eğilim olmasına rağmen yıkanan bakır miktarı arsenik ve kroma oranla iki kat daha fazladır [83].

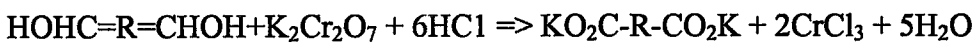
#### **1.6.2.1. Kromun Topraktaki Organik Maddelerle Reaksiyonu**

CCA içerisinde bulunan üç elementten organik maddeler tarafından güçlü bir şekilde bağlanan element kromdur [84]. CCA ile kontamine olan (kirlenen) topraklarda yapılan çalışmalarda, toprak yüzeyinde en yüksek konsantrasyona sahip element krom iken, toprak seviyesinden derine doğru gidildikçe krom konsantrasyonu azalmaktadır. Bu bulgular toprak yüzeyinin organik maddelerce zengin olduğunu ve kromun güçlü bir şekilde bağlandığını doğrulamaktadır [84]. Cr (+3) ile olan organik kompleksleşmenin temel etkisi pH'ya

artırmaktır ve bu pH seviyesinde krom hala çözültide kalmaktadır; bu da kromun hareketliliğini artırmaktadır [85]. Cr (+3) sitrik asit ve fulvik asit ile 1:1 oranında karıştırıldığında pH'nın 7.0-7.5 seviyelerine kadar hala çözünür halde kalabilirken, normal suyla karıştırdığında pH'nın 4.5-5.5 seviyelerinde krom çökelmektedir. Asit/krom (+3) oranı 10:1 şeklinde ayarlandığında pH>8 seviyelerinde bile krom hala çözünür durumda kalmaktadır [86]. pH>7 seviyelerinde suda çözünen organik maddeler, mevcut krom (+3)'un tamamı (%100) ile kompleks oluşturduğu bulunmuştur [86]. Buna zıt olarak, pH'nın 5.5 dan daha düşük seviyelerinde humik asitle krom (+3) kompleksleştiğinde çökme meydana gelmektedir [86]. Organik bağlayıcıların olmadığı durumlarda sadece krom (+6) toprak süspansiyonunda çözünür halde kalmakta, buda krom (+3)'un inorganik adsorpsiyonun da önemli bir rol oynadığını göstermektedir [86]. Suda çözünen krom(+3)-sitrat kompleksi toprağa ilave edildiğinde, krom(+3)-sitrat seviyesi birinci haftanın sonunda hızlı bir şekilde azalmış, takip eden haftalarda azalış yavaş olarak devam etmiştir. Bununla birlikte, bir yılın sonunda krom(+3)-sitrat konsantrasyonunun toprağın pH'sına bağlı olmaksızın, hala tayin edilebilecek kadar yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu bulgunun bir açıklaması krom(+3)-sitratın bir bölümü demir oksitler tarafından adsorblanması olabilir [86].

Krom (+3)'ün toprakta fulvik asitle humik materyallerle olandan daha güçlü bir şekilde bağlandığı görüşü ortaya atılmaktadır. Toprakların pyro-fosfatlarla ( $\text{Na}_5\text{P}_2\text{O}_7$ ) muamele edilmesi sonucunda organik maddelerin %80 kompleksleşmiştir ve bunun büyük bir kısmı fulvik asittir [87].

Yapılan bir çalışmada, normal pH seviyesindeki iki ayrı çeşit toprağa krom (+6) ilave edildiğinde, birinci haftanın sonunda kromun tamamının indirgendiği saptanmıştır [87]. Oksijenli topraklarda krom (+6) kolaylıkla organik maddeler tarafından oksidasyona uğratılır [88]. Topraktaki organik maddelerin diğer bir fonksiyonu da CCA çözültisinde de bulunan +6 değerlikli kromun +3 değerlikli kroma indirgenmesine yardım etmeleridir. Bu reaksiyon asidik topraklarda çok daha hızlı gerçekleşir ve toprağın pH'sının artmasına neden olduğu bulunmuştur [85,89]. Bu reaksiyonun teorik olarak aşağıdaki gibi gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir [89]:

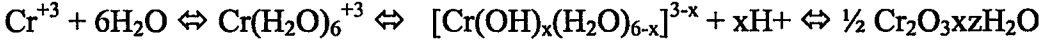


Genel olarak, topraktaki +6 değerlikli kroma sitrik asit ilave edilmesi asit/krom (+6) oranının artması sonucu kromun indirgenmesiyle sonuçlanır ve reaksiyonun hızını artırır [90].

Bununla birlikte, sitrik asitin +3 değerlikli krom ile muamele edilmiş sepi maddesi atıklarına ilavesi +6 değerlikli krom konsantrasyonunun artmasıyla sonuçlanır [90]. Krom içeren pH'sı 5.3 ve 6.5 olan toprağa sitrik asit ilave edildiğinde, krom +6 değerlikten +3 değerliğe indirgenmiş ve çözünür organik krom (+3) kompleksleri oluşmuştur. Sitrik asit ilave edilmediği durumlarda, çözünür +3 değerlikli krom bileşikleri bulunamamıştır. Yüksek seviyelerde düzensiz mineralleri içeren toprak tarafından adsorblanan + 6 değerlikli kromun indirgenmesi bazen yüksek seviyelerdeki organik maddenin bulunduğu durumlarda bile gallik (sarımsak) asit tarafından önlenebilmektedir [90].

### 1.6.2.2. Krom ile Toraktaki İnorganik Maddelerin Reaksiyonu

Normal pH ve Eh şartlar altında krom 4 değişik temel yapıda bulunur. Genellikle, +3 değerlikli katyon  $Cr^{+3}$  ve  $CrO_2^-$  olarak bulunurken, +6 değerlikte olduğunda  $Cr_2O_7^{-2}$  ve  $CrO_4^{-2}$  şeklinde bulunur. CCA ile kontamine olmuş topraklarda yapılan çalışmalarda krom konsantrasyonunun toprak profilinin üst seviyelerinde yüksek miktarlara ulaştığı belirtilmiştir [84]. Kırılmış kireç taşının kullanımı krom konsantrasyonunun ani olarak artışı engelleyici etkili olduğu bildirilmiştir [91]. Bununla birlikte, bu engelleyici maddelerin etkinliği pH'ya ve toprak içerisine girecek çözeltinin hacmine bağlıdır. Kromun (+3) topraktaki davranışı alüminyuma benzemekte ve büyük oranda pH'ya bağımlı olmaktadır. pH'nın 5-6 dan daha yüksek olduğu durumlarda krom çözünmez kompleksler oluşturur. pH değeri 4 seviyesinin üstüne yükseldiğinde, +3 değerlikli krom çökelmeye başlar ve hidrojen iyonları adsorblanır veya toprak tarafından kompleksleştirilir [87]. pH değeri 4.7 nin üstüne çıktığında, +3 değerlikli kromun sitrik asit ile kompleksleştiği bulunmuştur [86]. Grove ve Ellis yaptıkları çalışmada topraktaki suda çözünebilir krom miktarının toprağa +3 değerlikli kromun ilavesiyle +6 değerlikli krom ilave edildiği duruma oranla hızlı bir şekilde düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir [92]. Bu orandaki düşüş +3 değerlikli krom için alkali topraklarda en yüksek miktara ulaşırken, aynı durum asidik topraklarda +6 değerlikli krom için gerçekleşmiştir. Bu bulgular ve bunun yanında +3 değerlikli kromun ilavesi ile toprağın pH sınırın azalması süreci Grove ve Ellis'in ortaya attığı aşağıdaki reaksiyon ile açıklanmaya çalışılmıştır:



$\text{Cr}(\text{OH})_3$  ün nötr topraklarda çözünürlüğü  $7 \times 10^{-31}$  dir [92].

Adsorbsiyonun yanında, +3 değerlikli krom topraktan +6 değerlikli kroma oksidasyonu sonucunda uzaklaştırılabilir. Bu oksidasyonu kısıtlayan topraktaki manganezi unutmamak gerekir çünkü manganez elektron alıcı gibi davranmaktadır. Araştırmalara göre, bu oksidasyonun hızı taze topraklara ilk 24 saat içinde artmaktadır ve daha sonra +6 değerlik krom miktarının artmasıyla giderek yavaşlamaktadır [93]. Tazelik ve topraktaki mevcut su miktarı kromun oksidasyonunda hayati rol oynamaktadır. Toprağın su kaybetmesiyle en çok aktif halde bulunan manganın azalmasına neden olduğu düşünülmekte dolayısıyla topraktaki mevcut su miktarı oksidasyonda önemli rol oynamaktadır. Buna ilave olarak, toprağın pH'sının düşürülmesi de +3 değerlikteki kromun oksidasyonunu artırmakta ve dolayısıyla +6 değerlikli krom miktarının artmasına yol açmaktadır [93]. Diğer bir ilginç konu ise ilave edilen +3 değerlikli krom kaynağının oksidasyonda çok önemli rol oynamasıdır. Yapılan bir çalışmada, krom-sitrat, bekletilmiş  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  veya taze halde  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  olarak +3 değerlikli krom kullanılması sonucunda, taze haldeki  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  kaynağından gelen +3 değerlikli kromun en fazla miktarda +6 değerlikli kromun üretilmesine neden olduğu gözlemlenmiştir [93].

### 1.6.2.3. Bakır ile Topraktaki Organik Maddelerin Reaksiyonu

Organik kompleksleşme topraktaki bakırın adsorpsiyonu için en güçlü yöntemdir [94]. Lund ve Fobian toprağın üst tabakalarındaki bakır retensiyonunun topraktaki yüksek organik karbon miktarıyla ilgi olduğunu, toprağın alt tabakalarındaki bakır retensiyonunun ise metal-oksit oranlarıyla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir [84]. Organik maddeler tarafından adsorbe edilen bakırın 24 saat sonra sadece %20'si izotropik olarak değişebilirken, buna karşılık oksit materyallerindeki bakırın %65'i ve kilde ise %75'i izotropik olarak gerçekleşmiştir [94]. Bakır ile kontamine olmuş pH'sı 4.2 olan ve 30 yıllık yağış miktarına eşit hacimdeki su ile yıkanan topraktaki mevcut bakırın sadece %1-2'si topraktan yıkanmaktadır [95].

Topraktaki tüm bakırın %20-50 si kadarı organik olarak bağlı yapıda bulunurken, toprak çözeltisi içerisindeki bakırın %99'a varan bir oranda organik yapıda olduğu bilinmektedir [96]. Çözeltide bulunan bakırın organik bölümünün özellikle adsorbe edilmiş

bakır ile dengelendiği düşünülmektedir [96].

Basit alifatik asitler, amino asitler, peptinler ve proteinler, polisakkaritler ve hümik ve fülvik asitler gibi organik bileşikler bakır ile kompleks oluşturabilirler [96]. Buna ilave olarak, toprakla en yaygın şekilde ilişkili olan bakır +2 değerlikteki bakırdır ve toprak çözeltisinde genellikle  $\text{CuO}_2$  olarak bulunur [94].

Organik maddelerle reaksiyona giren toplam bakır miktarını etkileyen en önemli faktörler pH, süre ve mevcut organik madde miktarıdır [96]. Denize yakın bölgelerde, organik maddelerinin bakırla reaksiyonu tuzluluk derecesiyle ters orantılı olarak gerçekleşmektedir [97]. Mineral topraklarda, organik maddeler kil-metal-organik kompleks olarak kil ile bağlanır. Organik madde miktarı %8'den daha az olan topraklarda, gerek mineraller gerekse organik yüzeyler bakır ile adsorplanırken, organik yüzeylerde kompleksleşme organik madde miktarı %8'den daha fazla olan topraklarda yaygındır [96]. Hem hümik hem de fülvik asidin ikisi de +2 değerlikli bakırı bağlayıcı olarak bilinir. Bu iki asidin bağlama kapasitesi kabaca asidik fonksiyonel grupların miktarına eşittir ve pH'ya, molekül ağırlığına ve iyonik güce ve çözünmüş organik karbon miktarına bağlıdır [96,97]. Ortamdaki pH artarken,  $\text{CO}_2\text{H}$  ve  $\text{OH}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  ve  $\text{NH}$  gibi diğer fonksiyonel grupların iyonlaşması en yüksek miktara ulaşmaktadır ve seçici olarak +2 değerlikli bakırı tutmaktadırlar. Bununla birlikte, hümik asit tarafından tutulan bakır miktarı ortama eklenen bakırın miktarının artmasıyla azalmaktadır. Hümik asit kompleksleri, metal/hümik asit oranının düşük olduğu durumda çözünür yapıda iken, bu oran artığında +2 değerlikli bakır konsantrasyonu artması sonucunda hümik asit zincirinin polimerleşmesiyle ve  $\text{CO}_2$  gruplarının tuz köprüsü boyunca nötr hale gelmesiyle çökeler [96]. Bu organik komplekslerin kararlılığı pH'nın artmasıyla artmaktadır.

#### 1.6.2.4. Topraktaki İnorganik Maddelerle Bakırın Reaksiyonları

Bakırın hareketliliği ve kimyası topraktaki mevcut organik maddelerden dolayı çok etkilenmekle birlikte, bakır topraktaki inorganik maddelerle de reaksiyona girmektedir. Ancak bu bakırın organik maddelerle girdiği reaksiyonlara göre daha az gerçekleşmektedir.  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{CuOH}^+$  ve  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ve diğer inorganik kompleksler çözünür bakırın ve inorganik maddelerin çok önemli bölümünü temsil etmesine rağmen, topraktaki çözünür bakırın



sadece %1'lik kısmını oluştururlar [98]. Toprak tabakasının hemen alt kısmında, topraktaki bakır konsantrasyonu metal oksitlerin miktarıyla direk olarak ilişkilidir. İlave edilen bakırın miktar ve kaynağının bakırın hareketliliğine etkisi olduğu düşünülmektedir [99].

Toprağın iyon değiştirme kapasitesi bakırın maksimum spesifik adsorpsiyonundan çok daha fazla olmasına rağmen, maksimum spesifik adsorpsiyon çözeltideki bakırın konsantrasyonunun kontrol edilmesinde çok daha önemli ve etkilidir. Özellikle düşük konsantrasyonlarda (<0.4 ug/ml) bakırı tutan serbest kısımlar daha az olduğundan bakırın güçlü bir şekilde bağlanması mümkün olmamaktadır. Bakırın demir ve alüminyum hidroksitlerle reaksiyonu büyük oranda pH'ya bağlıdır, fakat asidik koşullarda çökeltme gerçekleşmektedir. pH 6-7 den daha yüksek seviyelere yükseldiğinde, çözeltideki +2 değerlikli bakır konsantrasyonu azalmasına rağmen, bakırın aktivitesi ilginç bir şekilde azalmamaktadır. Buna kanıt olarak bakırın aktivitesinin çökeltme tarafından değil, iyon değişimi tarafından kontrol edilmesi gösterilmektedir. Çözeltideki serbest bakır iyonlarının kompleksleşmesi büyük oranda pH ile etkilenmekte ve asitlik artarken kompleksleşmeyen bakırın konsantrasyonu da artmaktadır [100]. Temiz topraklarda, serbest +2 değerlikli bakır iyonlarının konsantrasyonu toplam bakırın sadece %0.01'i kadardır. pH 5'den yüksek olduğu zaman, +2 değerlikli bakırın çoğu muhtemelen  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{CuOH}^+$  ve  $\text{Cu(OH)}_2$  ile kompleksleşir. Bakırın büyük bir bölümü çözeltide pH=6 seviyesinde,  $\text{Cu(H}_2\text{O)}_6^{+2}$  olarak bulunurken, +2 değerlikli bakırın tamamına yakın kısmı (%99.9) pH=8'de kompleksleşir. Killi topraklarda +2 değerlikli bakır iyonları, kalsiyum, magnezyum ve özellikle alüminyum iyonları ile rekabet içerisinde. Kil yüzeyleri serbest +2 değerlikli bakır iyonlarına oranla bakır-hidroksil iyonlarını tercih etmektedir, bu da bakır adsorpsiyonunu diğer katyonlarla rekabette daha seçici yapmakta ve büyük oranda pH'ya bağımlı kılmaktadır. Yaklaşık olarak +2 değerlikli bakırın %1'i  $\text{CuOH}^+$  ye hidrolize olurken, temel yapıdaki kil tarafından adsorblanan +2 değerlikli bakırın  $\text{CuOH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dönüştüğü düşünülmektedir [101].

Toprağın tekstürü de bakırın hareketliliğinde önemli rol oynamaktadır. Bakırın toprak profilini geçirgen hale getirdiği ve hatta toprakta yağmur sularının yardımıyla 3 m derine kadar ulaştığı belirtilmiştir [84].

### 1.6.2.5. Arsenik ile Topraktaki Organik Maddelerin Reaksiyonu

Topraktaki arseniğin hareketliliği CCA'yı oluşturan elementler içerisinde topraktaki organik maddelerden en az etkilenendir. Kontamine olmuş toprak horizonunun üst kısımlarındaki organik madde miktarıyla arsenik arasında iyi bir korelasyon olmasına rağmen, toprakta bulunan yüksek arsenik konsantrasyonunun nedeni sadece yüksek organik karbon miktarı değildir [84]. CCA'nın diğer bileşenlerinde olduğu gibi, hümik asit miktarı ve pH arseniğin kompleksleşmesinde çok önemli rol oynamaktadır. +5 değerlikli arseniğin hümik asit tarafından maksimum sorpsiyonu pH=5.5 olduğu zaman gerçekleşir. Hümik asit +5 değerlikli arseniğe oranla %20 daha az +3 değerlikli arseniği tutmaktadır [102]. Genel olarak, pH artarken, hümik maddeler daha fazla çözünür hale gelir ve topraktan daha fazla arseniği uzaklaştırabilir.

Topraktaki arseniğin en önemli özelliklerinden birisi de arseniğin oksi-anyonlarının metil bileşikleri oluşturması kabiliyetidir. Monometilarsenik asit ( $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$ ), dimetilarsenik asit ( $((\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{OH}))$ ), trimetilarsenik oksit ( $((\text{CH}_3)_3\text{AsO})$ ), trimetilarsin ( $((\text{CH}_3)_3\text{As})$ ) ve dimetilarsin ( $((\text{CH}_3)_2\text{AsH})$ ) toprakta bulunmaktadır. Normal toprak pH seviyelerinde,  $((\text{CH}_3)\text{AsO}_2(\text{OH}))$  mevcut ana üründür [102]. Mikroorganizmalar da arsenatı arsenite indirgediği tespit edilmiştir [103].

### 1.6.2.6. Arsenik ile Topraktaki İnorganik Maddelerin Reaksiyonu

Araştırmalar göstermiştir ki kontamine olmuş topraklarda toprak yüzeyine yakın bölümlerinde ve toprağın kireçli tabakasında arsenik miktarı en yüksek değere ulaşmasına rağmen, arsenik konsantrasyonu toprak profili boyunca yüksektir ve arseniğin taşınması ve konsantrasyonu toprağın geçirgenliği ve içerdiği kimyasal maddeler gibi fiziksel özelliklerinden etkilenmektedir [84]. Arsenik toprakta genellikle ya +3 değerlikli yada +5 değerlikli halde bulunmaktadır. Aşırı şekilde indirgenmiş ortamlarda arsenik element halinde mevcut olabilirken, ılımlı indirgenmiş ortamlarda +3 değerlikli arsenik ortamda baskın halde bulunur, oksijenleşmiş ortamlarda +5 değerlikli arsenik kararlı halde bulunur. Normal pH koşullarında, arseniğin toprakta  $(\text{CH}_3)\text{AsO}(\text{OH})_2$  ( $\text{PKa}=4.19, 8.77$ ) yapıda bulunduğu düşünülmektedir. Çözelti içerisinde ise +5 değerlikli arsenik türleri  $\text{H}_3\text{AsO}_4$

(pH<2.5),  $H_2AsO_4^-$  (pH 2.5-7) ve  $HAsO_4^{2-}$  (pH>7) baskındır [102]. Artı 5 değerlikli arseniğin maksimum sorpsiyonu pH'nın 4 olduğu durumlarda  $H_2AsO_4^-$  olarak gerçekleşirken, +3 değerlikli arseniğin maksimum adsorpsiyonu pH'nın 7 olduğu durumlarda  $H_3AsO_3$  olarak meydana gelir [102].

Topraktaki arseniğin tutunmasının çökeltme reaksiyonunun dışında kil minerallerine adsorpsiyonuyla gerçekleştiği düşünülmektedir. Demir ve alüminyum oksitler ve çok daha az miktarda titanyum oksitler en önemli reaksiyonları sağlarlar [102]. + 3 değerlikli arsenik +5 değerlikli arseniğe göre 4 ila 10 kat daha fazla çözünebilmekte ve daha fazla miktarda +5 değerlikli arsenik kil mineralleri, demir ve alüminyum oksitlerle adsorbe edilebilmektedir [102]. Beklenileceği üzere, toprağa ilave edilen arseniğin toprakta dengeye ulaşması için beklenen sürenin artmasıyla topraktan ekstrakte edilen arsenik miktarı kullanılan ekstraksiyon maddesi ve toprağın tekstürüne bağlı olarak daha az olmaktadır [104]. Geçirgen topraklardan daha fazla arsenik ekstrakte edilebilir. Ortamın indirgenmesiyle çözünür arsenik miktarı artmaktadır. Çözünür yapıdaki arsenik miktarındaki artış +3 değerlikli arsenik ve diğer yapıdaki +3 değerlikli demir ve arseniklerin ortamdaki mevcudiyetinden kaynaklanmaktadır.

+ 3 değerlikli arsenik adsorpsiyonu pH'nın artmasıyla artmaktadır. +3 değerlikli arsenik adsorpsiyonunun hızı başlangıçta yüksek olmasına rağmen zamanla yavaşlamakta ve ilk yarım saatte adsorpsiyonun %80'i gerçekleşmektedir.

Arsenatların toprakla reaksiyonunun fosfatlarınkine benzer şekilde gerçekleştiği düşünülmekte ve genel olarak alüminyum ( $K_{sp} AlAsO_4=1.6 \times 10^{-16}$ ), demir ( $K_{sp} FeAsO_4=5.7 \times 10^{-21}$ ) ve kalsiyum ile çözünmez yapıdaki bileşikler oluşturdukları bilinmektedir [105]. Arsenik adsorpsiyonu  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  ve topraktaki kil miktarıyla ilişkilidir. Demir oksitler ve kil miktarı +5 değerlikli arsenik için çok daha önemlidir [106]. Ayrılmış kolloidal çökeltiler halde toprakta bulunabilen hem alüminyum hem de demir, polimer yüzeyleri ve kil minerallerinin uç kısımlarını kaplar veya hem inorganik hem de organik tutucularla kompleksler oluştururlar [107]. Fiksasyon sürecinde kalsiyumun işlevinin demir ve alüminyuma oranla çok daha az olduğu düşünülmekte ve çok az miktarda kalsiyum-arsenik bileşikleri oluşmaktadır [105]. Killi ve kumlu topraklarda yapılan çalışmalarda killi toprakların arseniği çok daha hızlı olarak fikse ettiği tespit edilmesine rağmen [105], kilin özellikle bazik koşullarda arseniği adsorblamada oldukça zayıf olduğu

ispatlanmıştır [108]. Kil tarafından adsorblanan arseniğin  $H_3AsO_4$  olduğu düşünülmektedir [108].

Genel olarak, alüminyum demire oranla arseniği sabitlemede daha az etkindir. Demir arseniğinin fiksasyonunda çok önemli olmasına rağmen, demir hidroksitler pH=7 olduğunda maksimum adsorpsiyona ulaşırken, alüminyum yüksek pH seviyelerinde çok daha önemli rol oynamaktadır [105]. Yapılan bir çalışmada, toprağa ilave edilen arseniğin 4 ila 6 hafta içerisinde denge konsantrasyonuna ulaştığı tespit edilmiştir [105]. Demir-arsenik komplekslerinin miktarının arsenik uygulamasından dolayı zamanla arttığı bulunmuş fakat topraktaki toplam yüzde arsenik miktarı, arsenik ilave edilmesine rağmen azalmıştır [105]. Yüksek pH (5.6-7.5) seviyelerinde, demir çözünürlüğü artmakta ve bunun sonucunda daha yüksek seviyelerde suda çözünür arsenik miktarında artış meydana gelmektedir [105]. Bunun aksine, alüminyum-arsenik konsantrasyonları 4 ila 8 hafta içerisinde maksimum noktaya ulaşır, küçük bir düşüşü takiben topraktaki toplam % arsenik konsantrasyonu sabitleşir. Toprak örnekleri  $KH_2PO_4$  ile yıkanmaya maruz bırakıldığında alüminyum-arsenik bileşikleri, demir-arsenik bileşiklerinden daha hızlı şekilde yıkanmaktadır [105].

Kurşun ve manganez topraktaki arseniğine bağlanan diğer iki elementtir. Asitliği (pH) 4.75 olan toprak örneklerine arsenik ilave edildiğinde, kurşun ve manganez arsenatlar kararlı hale gelir ve çözeltideki arsenik konsantrasyonunu kontrol ederler [109]. pH seviyesi 4.75 den daha düşük olduğu durumlarda manganez arsenat demir, alüminyum, kalsiyum ve kurşun arsenatlara oranla daha kararlı bir yapıya sahiptir. Arsenik ayrıca sülfür ile de kompleksler oluşturur.

### 1.7. Remidasyon

Remidasyon, atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla uygulanan işlemler olarak tanımlanabilir. Atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin tekrar kullanılması veya bakır, krom ve arseniğin çevreye ve diğer canlılara verdiği zararları önlemek veya en aza indirmek amacıyla birbirinden farklı birkaç remidasyon yöntemi sözkonusudur. Bu yöntemler;

- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yüksek sıcaklık ve basınç altında yakılmasıyla geriye kalan külden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması,

- Bakırın eritilmesi suretiyle CCA ile emprenyeli malzemelerin tekrar kullanılması,
- Çimento üretim fırınlarında CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yüksek sıcaklık ve basınç altında yakılarak kullanılması,
- Atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bazı odun kompozitlerinin (çimentolu yonga levha, OSB vb.) üretilmesi,
- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arsenik miktarının belirli bir seviyeye kadar ekstraksiyon yoluyla uzaklaştırılması ve temizlenmiş veya arındırılmış olarak adlandırılan odun hammaddesinin farklı amaçlar için kullanılması; ekstraksiyon yoluyla elde edilen bakır, krom ve arseniğin geri kazanılması ve tekrar kullanılması,
- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniğin yüksek sıcaklık ve basınç altında su buharıyla uzaklaştırılması,
- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin çeşitli mantar ve bakterilerin degradasyonuna maruz bırakılarak (biyoremediasyon) bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması,
- Yeni olarak geliştirilen bir yöntem ile gerek CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden gerekse kontamine olmuş topraktan bakır, krom ve arseniğin elektrodialitik yöntem ile uzaklaştırılması olarak özetlenebilir.

Atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla Clausen'in yaptığı bir çalışmada, 20 yıllık CCA ile emprenye edilmiş direklerden, sıvı besin ortamında bakır, krom ve arseniği açığa çıkaran spor yapısında bakteri izole edilmiştir. CCA ile emprenye edilmiş odun yongaları, *Bacillus licheniformis* olarak teşhis edilen bu bakteriye maruz bırakılmış ve atomik absorpsiyon spektrometresi ile yapılan kimyasal analizler sonucunda; bakırda %80 ve arsenikte %43 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada devamlı kültür şartlarında bu kayıpların daha da arttığı belirlenmiştir. Bu kayıplar; bakırda %93, kromda %6 ve arsenikte %45 olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak yöntemin, *Bacillus licheniformis* bakterisi ile muameleye tabii tutulan CCA ile emprenye edilmiş odun yongalarından bakır ve arseniğinin açığa çıkarılmasında iyi sonuç verirken, kromun açığa çıkarılmasında etkisiz kaldığı belirlenmiştir [110].

Clausen ve Smith yaptıkları çalışmada, CCA emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla kimyasal, mekanik ve mikrobik yöntemler kullanmışlardır [111]. Bu çalışmada, CCA emprenyeli odun asit ekstrasyonuna, buhar banyosuna ve bakteri fermentasyonuna maruz bırakılmış ve uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları kimyasal analizlerle belirlenmiştir. Asit olarak oksalik asit ve bakteri olarak da *Bacillus licheniformis* kullanılmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre, bakır en kolay uzaklaştırılırken, kromun bu işlemlere karşı en dayanıklı olduğu ve uzaklaştırılmasının zor olduğu saptanmıştır. Sadece buhar işleminin veya buharlamadan sonra asit ekstraksiyon işleminin bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. En iyi sonuç, asit ekstraksiyonu ile bakteri fermentasyonunun birlikte kullanılmasıyla elde edilmiş ve bakırın %90-99' u, kromun %80'i ve arseniğin tamamı uzaklaştırılmıştır [111].

Yang ve Illman metallere karşı direnç gösteren odun çürütücü *Meruliporia incrassata* mantarına maruz bırakılan CCA ile emprenye edilmiş odun örneklerinden uzaklaştırılan metalleri belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda *Meruliporia incrassata* mantarının toprak esaslı (soil-block) çürüklük testinde %40 ağırlık kaybı meydana getirdiği bulunmuştur [112].

De Groot ve Woodward, bakır esaslı emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş odunu bakıra karşı direnç gösteren odun çürütücü mantarları kullanarak biyolojik yoldan bozundurulmasını araştırmışlardır [113]. Güney çamı diri odunu (*Pinus spp.*) bakır esaslı maddelerle emprenye edildikten sonra bakıra karşı direnç gösterdikleri bilinen mantarlara maruz bırakılmışlar ve mantarların meydana getirdikleri ağırlık kayıpları ve çürütülen odunda ve kontrol örneklerindeki bakır konsantrasyonları belirlenmiştir. *Wolfiporia cocos* mantarının *Poria monticola* mantarına göre bakıra karşı daha fazla direnç gösterdiği saptanmış ancak çürütülen odun örneklerindeki bakır konsantrasyonu ile çürüklük öncesindeki odun örneklerindeki bakır konsantrasyonu arasında fark olmadığı veya çok az bir azalma olduğu bulunmuştur [113].

Crawford ve Clausen yüksek sıcaklığa ve bakıra karşı direnç gösteren *Bacillus licheniformis* bakterisine maruz bırakılan bakır esaslı kimyasal maddelerle emprenyeli odun örneklerinde meydana gelen bakır kayıplarını belirlemişlerdir [114]. Odun örnekleri 6 değişik tip bakır esaslı kimyasal madde ile emprenye edildikten sonra 121°C de 15 dakika

süreyle 20 psi basınca maruz bırakıldıktan sonra 10 gün süreyle 28°C'de *Bacillus licheniformis* bakterisiyle muamele edilmiştir. Otoklavda yüksek basınç ve sıcaklığa maruz bırakılan odun örneklerinde bakır kaybının %16-37 arasında olduğu belirlenmiştir. Daha sonra 10 gün süreyle bakteriye maruz bırakılan odun örneklerindeki bakır kayıpları ise %44-82 arasında değişmektedir [114].

Clausen emprenyeli odun örneklerinden metallere karşı direnç gösteren bakır, krom ve arseniği uzaklaştırabilen bakterilerin izole edilmesini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda CCA ile emprenyeli odundan en zor uzaklaştırılan kromu %98 oranında uzaklaştırabilen *Acinetobacter calcoaceticus* FN02, *Aurobacterium esteroamaticum* VV03 ve *Klebsiella oxytoca* CC08 adlı 3 tür bakteri teşhis edilmiştir [115].

Clausen diğer bir çalışmasında CCA emprenyeli odun örneklerinden çift remidasyon yöntemi uygulayarak bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması imkanlarını araştırmıştır. CCA ile emprenyeli odun örnekleri önce %0.1'lik oksalik asit ile 18 saat işleme tutulmuş, daha sonra *Bacillus licheniformis* bakterisine maruz bırakmış ve uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları tespit edilmiştir. Toplam olarak, bakırın %78'i kromun %97'si ve arseniğin %93'ü uzaklaştırılmıştır [116].

Shiau ve arkadaşları atıl haldeki emprenyeli odunda organik asit ekstrasyonunun ve buhar banyosunun bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasına olan etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada organik asit ekstrasyonunda asetik ve sülfürik asit kullanılmıştır. Buna göre; buhar işleminin bakır, krom ve arseniğin ekstraksiyonla uzaklaştırılmasına herhangi bir olumlu etki yapmadığı saptanmıştır [117].

Vick CCA ile emprenyeli güney çamında (*Pinus spp.*) tutkal yapışma direncini araştırmış ve CCA emprenyeli ağaç malzemelerde yapışma direncinin düşük olmasının nedenlerini tespit etmiştir. Bu zayıf yapışma direncinin hücre lümenlerinin yüzeyinin tamamen CCA ile kaplı olmasında ve dolayısıyla fiziksel olarak yapışmanın engellenmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Ayrıca, taramalı diferansiyel kalorimetri (DSC) cihazı kullanarak  $Cr^{+6}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$  ve  $As^{+5}$  iyonların fenol formaldehit tutkalının şartleşmesini geciktirebileceğini bildirmiştir [118].

Vick ile Vick ve Christiansen tarafından yapılan çalışmalarda CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerden odun kompozitleri yapıldığında düşük yapışma direncine neden olan etmenler araştırılmıştır. Bu araştırmalara göre; düşük yapışma direncine metallerin hem

fiziksel hem de kimyasal olarak hücre çeperindeki lignoselülozik bileşenlerle kompleksler oluşturmasının ve düşük pH'a sahip CCA'nın ağaç malzemenin bileşenlerini hidrolize etmesi neden olduğu düşünülmektedir [119,120]. Diğer bir çalışmada ise, düşük yapışma direncinin nedeni olarak, polar hidroksil gruplarınca zengin fenolik tutkalların hidrojen bağlarıyla hücre çeperi bileşenlerine bağlanması, ancak hücre çeperine fikse olan metal iyonların bunu engellemesi gösterilmektedir [121,122].

Vick diğer bir çalışmasında CCA ile emprenyeli güney çamının melamin-üre ve melamin tutkallarının yapışma direncinin artırılması olanaklarını araştırmıştır. Bu amaçla hidroksimetil resorsinol katkı maddesi kullanarak bu çalışmada kullanılan tutkalların yapışma direncinin arttığını tespit etmiştir [123].

Sellers ve Miller üç farklı tutkal kullanarak, CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerden glulam laminat malzeme üretme olanaklarını araştırmışlar ve resorsinol-formaldehit ve modifiye edilmiş resorsinol tutkalı kullanıldığında yüksek makaslama direnci ve delaminasyon değerleri elde etmişlerdir [124]. Ancak Pizzi'nin belirttiği gibi resorsinol-formaldehit tutkallar fenol formaldehit tutkallara göre daha pahalı olduğundan endüstride fenol formaldehit tutkalı daha fazla kullanılmaktadır [18].

Vick ve arkadaşları, CCA emprenyeli güney çamından etiket yongalevha üretimi olanaklarını araştırmışlardır. Bu çalışmada etiket yongalar sıvı fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırılarak etiket yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen etiket yongalevhaların bütün direnç özelliklerinin emprenye edilmemiş etiket yongalardan elde edilen levhalara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, etiket yongaların tutkalla karıştırılmasından önce %5'lik hidroksimetil resorsinol katkı maddesiyle muamele edilmesiyle üretilen etiket yongalevhaların gerek mekanik gerekse fiziksel özelliklerinin iyileştirildiği saptanmıştır [125].

Mengeloğlu ve Gardner yaptıkları çalışmada CCA emprenyeli güney çamından (*Pinus spp.*) polimerik metilen difenil diisosiyanat (pMDI) ve sıvı fenol formaldehit (LPF) kullanarak etiket yongalevha üretimi olanaklarını araştırmışlardır. PMDI tutkalı ile üretilen etiket yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin oldukça iyi olduğu ve bu sayede atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerden etiket yongalevha üretilerek değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir [126].

Wolfe ve Gjinolli atıl haldeki CCA emprenyeli ağaç malzemelerden elde edilen



çimentolu yonga levhaların direnç özelliklerini tespit etmiştir [127].

Huang ve Cooper servis ömrünü tamamlamış CCA emprenyeli ağaç malzemelerden çimentolu yonga levha üretimi olanaklarını araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda, CCA emprenyeli ağaç malzemenin emprenyesiz ağaç malzemeye göre çimentolu yonga levha üretimine daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle CCA emprenyeli ağaç malzemelerden üretilen çimentolu yonga levhaların eğilme direnci, çekme direnci, su absorblama ve kalınlık artış performansı değerlerinin daha iyi olduğu saptanmıştır [51].

Clausen ve arkadaşları *Bacillus licheniformis* ve oksalik asit ekstrasyonuna tabii tutulan CCA emprenyeli yongalardan %10'luk fenol formaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Remidasyona maruz bırakılan yongalardan elde edilen yonga levhaların eğilme direnci, emprenyesiz ve herhangi bir işleme maruz bırakılmamış yongalardan elde edilen yonga levhalarinkine göre %8 daha yüksek bulunurken, çekme direncinde %28 azalma meydana gelmiştir [128]. Ayrıca kalınlık artışı ve su absorpsiyonunun daha yüksek olduğu bulunmuştur [129].

Crawford ve arkadaşları yaptıkları çalışmada toprak özelliklerinin CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yıkanmasına nasıl etki yaptığını ortaya koymaya çalışmışlardır [130]. Bu amaçla, güney çamı odun örneklerini  $6.4 \text{ kg/m}^3$  hedef retensiyonun sağlayacak şekilde emprenye ederek, kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiş 5 değişik özellikteki toprakta ve suda laboratuvar şartlarında 12 hafta boyunca yıkanmaya maruz bırakmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, bakırın yıkanma miktarı bütün odun örneklerinde ve toprak tiplerinde arseniğine oranla daha fazla veya eşit miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Bakırın yıkanma miktarının, toprağın su tutma kapasitesi ( $r^2=\%77$ ) ve ayrıca tek olarak toprağın pH'sı ile istatistiksel olarak ilişkili olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, toprağın su tutma kapasitesi veya toprağın asitlik derecesi ile bakırın yıkanması arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Odundan yıkanan metal miktarı ile topraktaki bakır miktarı arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Arsenik yıkanmasını en iyi şekilde tahmin eden faktör, topraktaki bakır miktarı olup, iyon değişim katsayısı K ve topraktaki alüvyon miktarı olduğu belirtilmiş ve bu modelle arseniğin yıkanma miktarının  $r^2=\%72.3$ 'ü açıklanmaktadır. Topraktaki organik madde miktarının yüzdesiyle, topraktaki arsenik miktarının da ikincil bir faktör olarak arseniğin yıkanmasına etkide buldukları belirtilmiştir. Buna göre, bakır ve arseniğin yıkanma miktarlarının toprak özelliklerinden

etkilendiği sonucuna varılmıştır [130].

Taylor ve Cooper iklimin, odun türünün ve emprenye maddesi konsantrasyonu ile su itici maddelerin toprakla temas halinde olmayan CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden yıkanan bakır, krom ve arseniğinin yıkanma miktarlarına etkilerini araştırmışlardır [131]. Bu çalışmada, emprenyesi kolay olan yüksek permabiliteye sahip olan güney amı (*Pinus spp.*), orta derecede permabiliteye sahip olan jack amı (*Pinus banksiana*) ve emprenyesi g, permabilitesi düşük olan ladin (*Picea mariana*) odunlarından hazırlanan örnekler %1 ve 3' lk CCA emprenye maddesi ile dolu hücre yöntemiyle emprenye edilmişlerdir. Ayrıca su itici maddelerin CCA' in yıkanmasına etkisini ortaya koymak amacıyla örnekler yıkanmaya maruz bırakılmadan önce ticari bir su itici madde ile muamele edilmiştir. Örnekler normal dış hava koşullarında 183 gün boyunca kesintisiz olarak yıkanmaya maruz bırakılmış ve iklim koşulları ( yağış miktarı, sıcaklık, yağmurun yoğunluğu ve pH'sı) kaydedilmiştir. Ayrıca her yağmur sonrasında örneklerden yıkanan yıkanma suyundaki bakır, krom ve arsenik miktarları ICP (Inductive Coupled Plasma) cihazıyla belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yıkanan bakır miktarı güney çamında, jack çamından ve ladinden istatistiksel olarak daha fazla olurken, krom ve arsenik yıkanma miktarlarında ağaç türüne göre herhangi bir fark bulunmamıştır. Diğer yandan, %1'lik CCA zeltisiyle emprenye edilmiş örneklerde %37 oranında daha fazla krom yıkanırken, arseniğin %4 ve bakırın %28 daha az yıkandığı tespit edilmiştir. Su itici madde CCA'nın yıkanmasını %40 oranında azaltmıştır. İlgi çeken diğer bir sonuç ise, %1 lik CCA ile emprenye edilen örneklerdeki yıkanma sırası en azdan çoğa doru krom < bakır < arsenik şeklinde iken, %3 lk CCA ile emprenye edilen örneklerdeki yıkanma sırası en azdan çoğa doğru krom < arsenik < bakır şeklinde olmuştur [131].

Lin ve Hae CCA ile emprenyeli atıl haldeki ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak üzere yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, ilk olarak, katalizör olarak sülfürik asidi kullanarak poli etilen glikol ve gliserin varlığında 120-150 °C'de CCA ile emprenyeli atıl haldeki ağaç malzemeler sıvı hale dnştrlmştir. Daha sonra kompleksleştirme etmenleri ilave edilerek bakır, krom ve arsenik keltirilerek uzaklaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, %85 oranında CCA ortamdan uzaklaştırmıştır. Ayrıca, geriye kalan CCA'den temizlenmiş ağaç malzemenin poliüretan materyallerin hazırlanmasında ve geri kazanılan CCA'nın ise tekrar emprenye işleminde kullanılabileceği bildirilmiştir [132].

Venkatasamy Kenya’da yetişen Okaliptüs (*Eucalyptus saligna*) ve (*Acacia mearnsii*) CCA ile emprenye edilmiş odun örneklerden yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarına pH’nın etkisini araştırmıştır. Yukarıda belirtilen ağaç türlerinden elde edilen odun örnekleri hedef retensiyonu  $18.2 \text{ kg/m}^3$  olacak şekilde emprenye edilmiş, daha sonra pH’sı 3.0, 6.0, ve 8.0 ayarlanan musluk suyu ortamında 3,6,9,12,15,18, ve 21 gün süreyle yıkanmaya maruz bırakılmıştır. Yıkanma testinin sonunda alınan örnekler rutubet oranı %12 ye gelinceye kadar klima odasında bekletilip odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiştir. Buna göre, en fazla yıkanma pH’nın 3.0 ayarlanmış ortamda yıkanmaya maruz bırakılan örneklerde meydana gelirken en az yıkanma miktarı pH’sı 6.0 ayarlanmış ortamda yıkanmaya maruz bırakılan örneklerde meydana geldiği saptanmıştır. Yıkanma miktarı pH=3.0 ortamında %53.8 olurken, pH=6.0 ortamında yıkanma miktarı % 30.2 oranında gerçekleşmiştir. Ayrıca, yıkanmanın büyük bir kısmının ilk 12 günde gerçekleştiği ve 21 .güne kadar yıkanmanın daha yavaş olarak gerçekleştiği bildirilmiştir [133].

Mateus ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Portekiz’de atıl hale gelmiş kreozot ve CCA ile emprenyeli tel direklerinden ve traverslerden bakır, krom ve arseniğin elektrodiyalitik yöntem ile uzaklaştırılması olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla atıl haldeki CCA ile emprenyeli *Pinus pinaster* tel direkleri yongaları ve talaşı %2.5’luk oksalik asit yardımı ile elektrodiyalitik yöntem ile bakırın %84’ü, kromun %91’i ve arseniğin %97’si uzaklaştırılmıştır [134].

Ribeiro ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, atıl hale gelmiş CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğin elektrodiyalitik yöntem ile uzaklaştırılması olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla atıl haldeki CCA ile emprenyeli *Pinus pinaster* tel direkleri yongaları ve talaşı %2.5’luk ve %7.5’luk oksalik asit yardımı ve  $0.2 \text{ mA/cm}^2$  sabit doğru akım kullanılarak elektrodiyalitik yöntem ile bakırın %93’ünün, kromun %95’inin ve arseniğin %99’unun uzaklaştırıldığı belirtilmiştir [135].

Velizarova ve arkadaşları yaptıkları çalışmada CCA ile emprenyeli odun örneklerinden elektrodiyalitik işlemi ile bakır,krom ve arseniğin uzaklaştırılması imkanlarını araştırmışlardır. CCA ile emprenye edilmiş 20 yıl süreyle kullanılmış çam (*Pinus pinaster* Ait) tel direğinden elektrodiyalitik ve diyalitik teknikler kullanarak bakır, krom ve arsenik uzaklaştırılmıştır. Bu çalışmada “temizleme aracı” (cleaning agent) olarak oksalik asit kullanılmış ve uygulanan direk akımın etkisi 120 mA kadar olduğu bildirilmiştir. Bu

çalışmanın sonucuna göre; 14 günlük işlem sonucunda bakırın %84'ü, kromun %87'si ve arseniğin %95'i uzaklaştırılmıştır. Ayrıca, odun yongalarının oksalik asit ile ilk olarak muamele edilmesinin saf suya göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir [136].

Balasoiu ve arkadaşları CCA ile yapay olarak kirletilmiş (kontamine olmuş) 9 ayrı toprak örneğinde toprak tipinin ve fizikokimyasal karakteristiklerin bakır, krom ve arseniğin ayrıştırılması ve retensiyona etkisini araştırmışlardır [137]. Ardışık ekstraksiyon ve modifiye edilmiş çözücü ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak bakır ve kromun ayrıştırılması sağlanmış ve  $As^{+3}$  ve  $As^{+6}$  spesifikasyonu yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre; turba bakır ve kromun ayrıştırılmasında güçlü olarak etki etmiştir. Ortalama metal konsantrasyonları mineral topraklarda az seviyede olmakla birlikte (Cu %58, Cr %23), organik topraklarda bu oran önemli bir şekilde artırmıştır (Cu %96 ve Cr %78). Bununla birlikte, her iki toprak tipi de arseniği yüksek oranda absorblamıştır (As %71-81). Çözünür veya değiştirilebilen formdaki bakır ve krom miktarlarının organik topraklarda çok düşük olduğu tespit edilmiş olmakla birlikte, organik maddeye bağlı olan miktar çok daha yüksektir. Mineral topraklarda, organik topraklardakine ters olarak bakırın %47'sinin ve kromun %18'sinin çözünür veya değiştirilebilen formda olduğu bildirilmiştir. Diğer yandan, arsenik genellikle +5 değerlikli olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, organik topraklarda önemli oranda arsenit ( $As^{+3}$ ) (%29) bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki, CCA'da orijinal olarak bulunan +5 değerlikli arsenik indirgenme reaksiyonuna maruz kalarak +3 değerlikli arseniğe indirgenmektedir [137].

### **1.7.1. CCA İle Emprenyeli Tel Direklerinde Bakır, Krom Arsenik Tayini Yöntemleri**

#### **1.7.1.1. X-ışını Floresans Spektroskopisi (X-RF)**

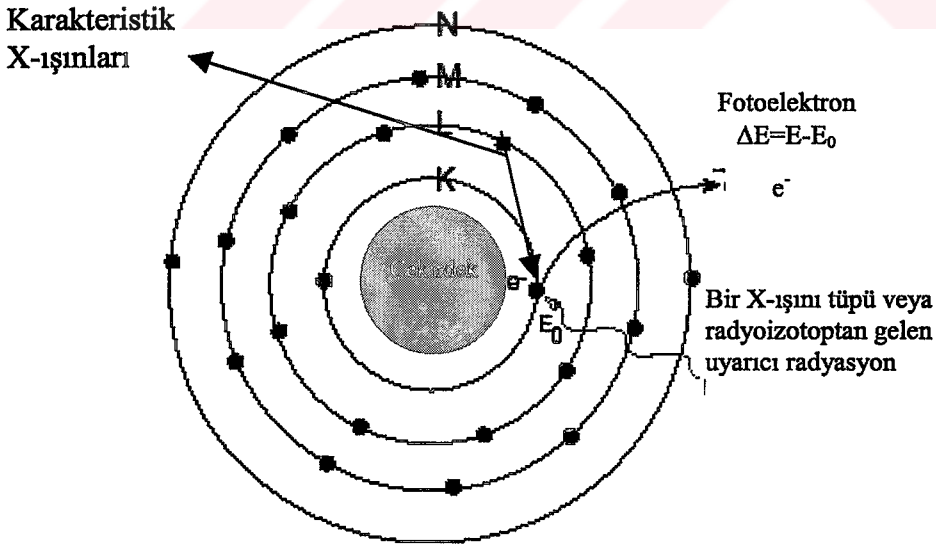
Çeşitli spektroskopik uygulamalar atomların yapılarını belirlemede en etkili yöntemlerin başında gelmektedir. Atomlar üzerine düşürülen farklı dalga boylu ışınların, atom tarafından soğurulması ve yayılması neticesinde elde edilen bilgiler atomun yapısını tanımamızda büyük rol oynamaktadır. Neticede atom spektrumlarının

Farklı iyonlaşma enerjilerindeki çeşitli elementlerin X-ışını floresans tesir kesitinin deneysel değerlerinin sağladığı bilgiler, X-ışını floresans tekniğini kullanarak atomik, moleküler, radyasyon fiziği ve yıkıcı olmayan elementel analiz gibi geniş alanlarda kullanılması sebebiyle önemlidir [139].

### 1.7.1.2. Karakteristik X-Işınları

Herhangi bir yolla bir atomdan elektron sökülürse veya daha üst enerji seviyelerine çıkarılırsa atom uyarılmış olmaktadır. Bu uyarılma genellikle hızlandırılmış elektronlarla, protonlarla, nötron ve  $\alpha$ -parçacıklarıyla, X-ışını tüpünden yayımlanan X-ışınları ile, radyoizotop kaynak tarafından yayımlanan fotonlarla ve sekonder X-ışınları ile gerçekleştirilmektedir [139].

Atomun herhangi bir tabakasından sökülen elektronun yerine  $10^{-12} - 10^{-14}$  saniye arasında üst tabakalardan bir elektron geçmektedir. Bu geçişten bir foton yayımlanır. İç tabakalar arasındaki elektron geçişinden yayımlanan bu fotona, o elementin karakteristik X-ışını fotonu veya karakteristik X-ışını denmektedir. Şekil 5' de görüldüğü gibi atomun bağlı iç yörünge elektronlarının dış yörüngelere uyarılması neticesinde çekirdeğe yakın bir kabukta meydana gelen boşluk daha dış kabuklardaki elektronlarca doldurulur ve yayımlanan X-ışınları karakteristik X-ışınlarıdır [139].



Şekil 5. X-ışınlarının meydana gelmesi

1895’de Röntgen’in X-ışınlarını keşfinden sonra, materyal karakterizasyonu tekniklerinin temelinde X-ışınları birçok bilimsel kurallar içinde yaygınlaşmıştır. X-ışınları kullanılarak, elementel bileşiklere ait bilgilerin, kimyasal bağların elektronik yapılarının ve katıların atomik yapılarının elde edilebilmesine imkan sağlanmıştır. Günümüze bu ilkeye dayanan enerji ayırmalı X-ışını floresans (XRF) tekniği, katı ve sıvı numunelerdeki elementlerin nicel ve nitel özelliklerini belirleyen bir kimyasal analiz yöntemidir. XRF sistemi periyodik cetvelde atom numarası 11 (sodyum) ve 92 (uranyum) arasındaki elementleri bulabilir. Bu yöntemle numuneler tahribata uğramadan ve çok kısa zaman içinde analiz edilebilmektedir. Tekniğin daha geniş bir dinamik oluşum altında yeteneği daha da artırılmakta ve elementlerin konsantrasyonu milyonda birden yüzde yüze kadar miktarlarda olanlar aynı numunede eşzamanda analiz edilebilmektedir [139].

XRF sisteminin diğer analitik sistemlere göre avantajları şunlardır:

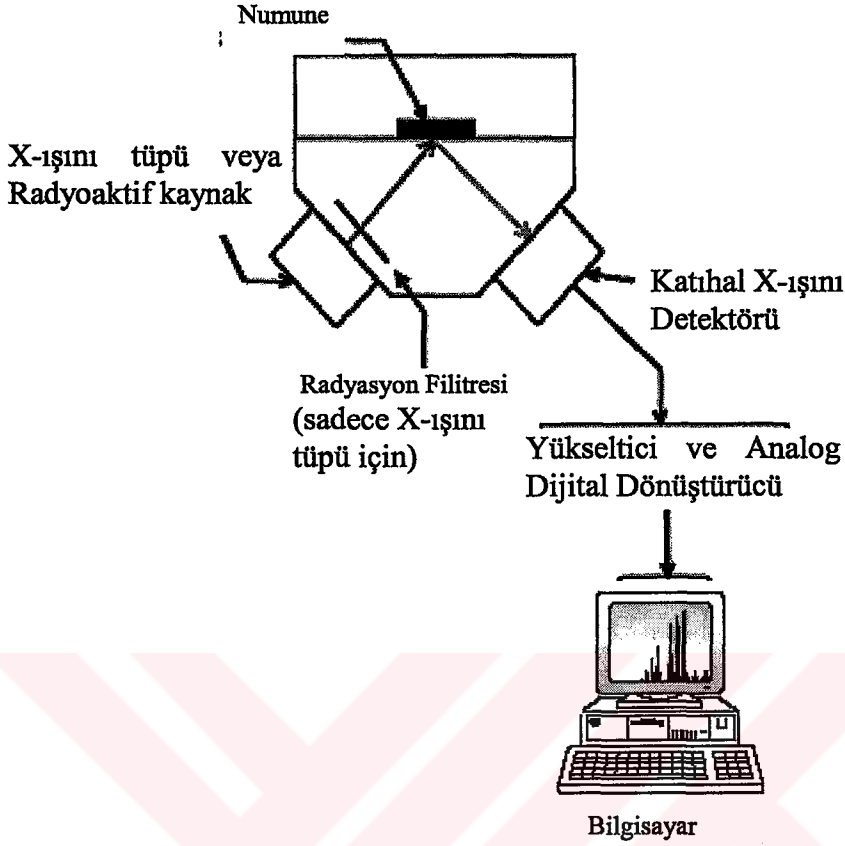
1) Tahrip edici değildir: Analiz edilmiş numunelerin durumlarının büyük çoğunluğunda, X-ışınlarının etkisiyle değişme ve tahribat oluşmamaktadır. Böylece numuneler referans olarak ve başka testler için tekrar kullanılabilir.

2-) Numunelerin kolay hazırlanması : Çoğu numune miktarının az olması veya ön hazırlık yapılması gibi durumlara gerek duyulmaksızın incelenebilir. Diğer alternatif yöntemlerde ise asit veya diğer ayrıştırıcılara ihtiyaç duyulacağından hem zaman hem de maliyet bakımından olumsuz yönler daha çoktur.

3-) Zaman bakımından hızlıdır: X-ışını spektroskopisi kimyasal bileşikler saniyeler içinde incelenmesine imkan sağlamaktadır.

4-) Kullanımı kolaydır: Modern aletler, elle ölçümleri yapılan ve sonuçlarının hesaplarını etkili yazılımlarla bulabilen bilgisayarların kontrolü altında çalışmaktadır. Bu sonuçlar ister bir analizin kontrolünde elle hesaplanabilir veya tamamen otomatik biçimde değerlendirilebilmektedir.

Genelde X-ışını floresans sistemi, bir radyasyon uyarıcı kaynak (bir X-ışını tüpü veya bir radyoaktif kaynak), numuneden gelen radyasyonu bulmak için bir radyasyon detektörü ile spektrum çıkışlarını düzenleyici ve görüntüleyici birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 6).

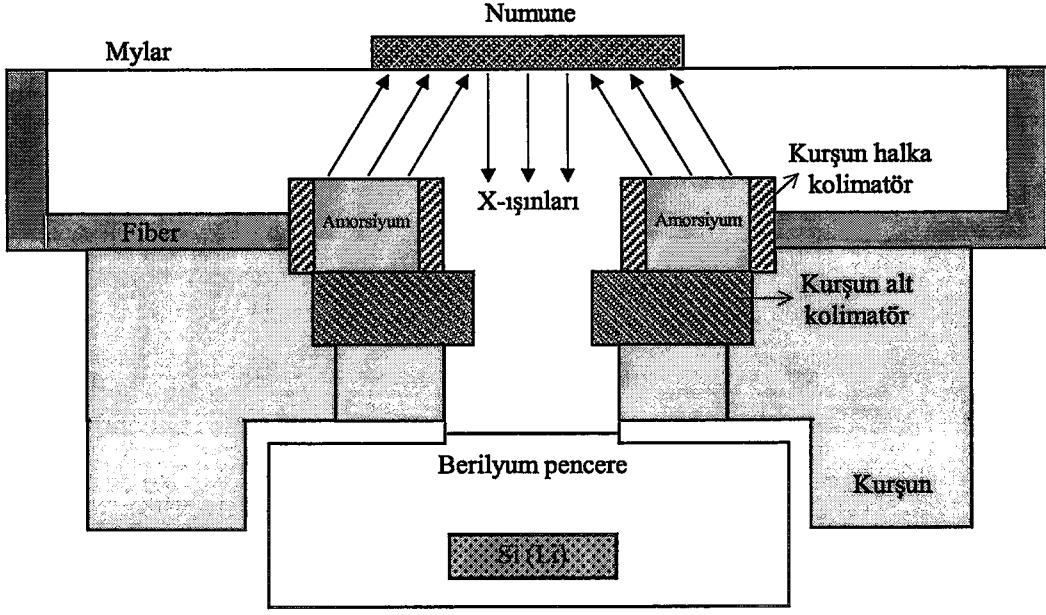


Şekil 6. X-ışını Floresans Sistemi

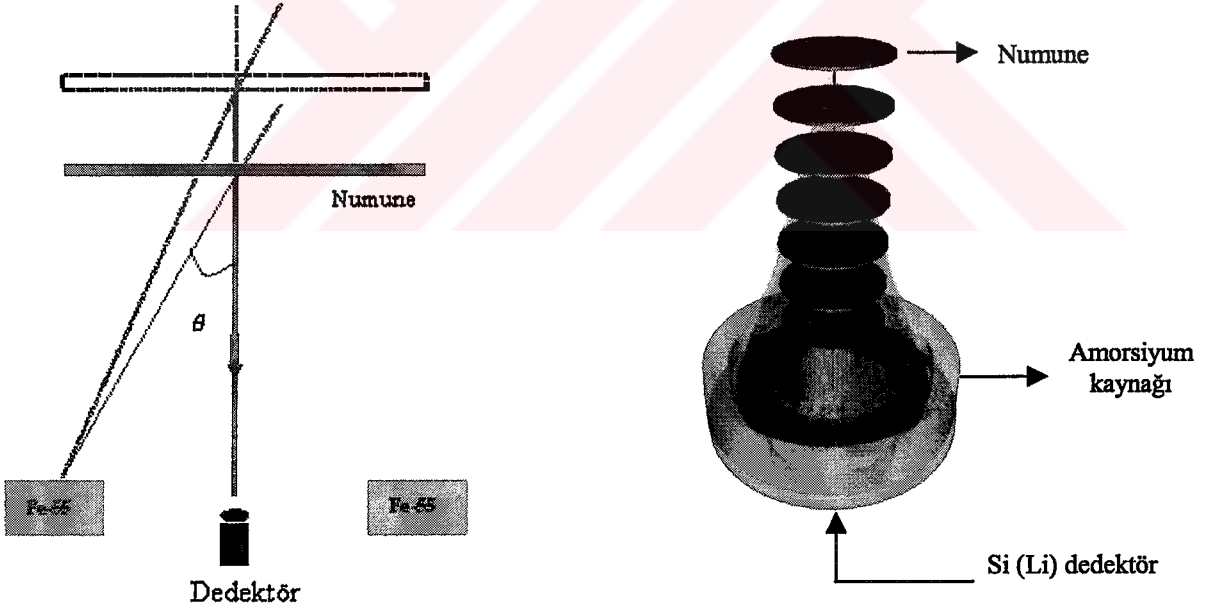
### 1.7.1.3. Deney Geometrisi ve Karakteristik X-ışınlarının Sayılması

Uyarma ve sayma bakımından karakteristik X-ışınlarının şiddetlerini etkileyen faktörlerden birisi deney geometrisidir. Numuneler deneye hazır hale getirildikten sonra 50 mCi şiddetindeki filtre edilmiş Amorsiyum radyoizotop halka kaynağından çıkan 5.96keV'lik fotonlarla uyarılmaktadır. Numuneler 2000 saniyelik gerçek sayma zamanı süresince sayılmaktadır [139].

Karakteristik X-ışınlarının sayılmasında, 5.89 keV'de yarı maksimumdaki tam genişliği (rezolüsyonu) 147 eV olan Si(Li) dedektörü kullanılmaktadır (Şekil 7). Bu geometride tesir kesiti ve floresans verim değerleri ölçümleri, Şekil 8' deki geometride de diferansiyel tesir kesiti ölçümleri gerçekleştirilmektedir [139].



Şekil 7. X-ışınları floresans (X-RF) ölçümleri için deney geometrisi

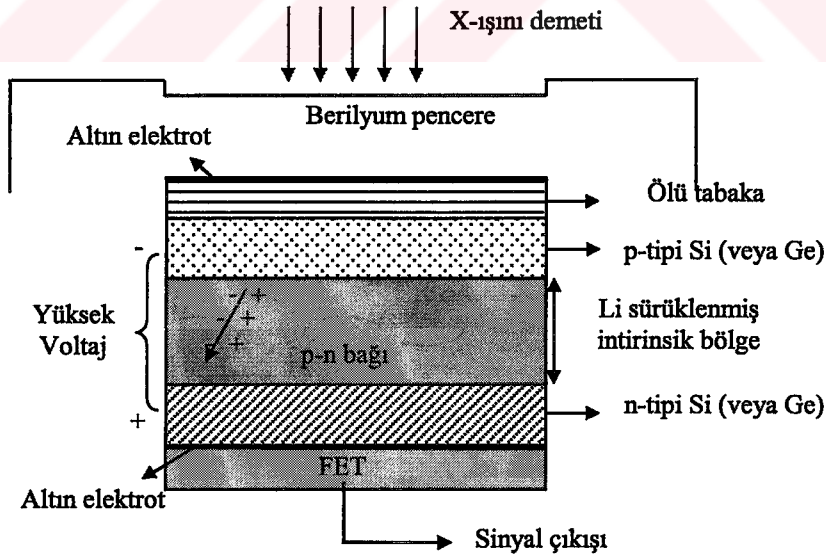


Şekil 8. Diferansiyel tesir kesiti ölçümleri için deney geometrisi

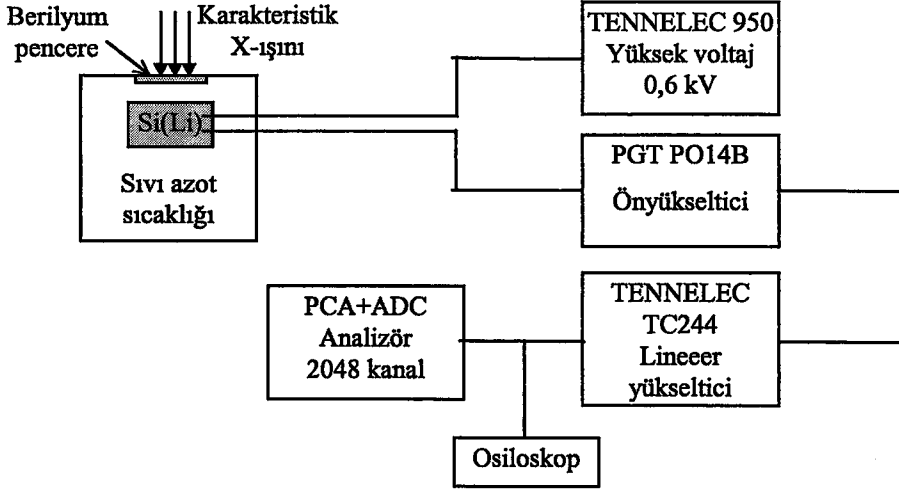


### 1.7.1.4. Yarıiletken Detektörler ve Sayma Sistemleri

X-ışını spektrumlarının sayılması için araştırma alanlarına bağlı olarak çeşitli detektörler kullanılmaktadır. Detektörlerin ayırma güçlerinin (rezolüsyon) yüksek olmaları, duyarlı olduğu enerji bölgeleri ve kararlı olmaları gibi özellikleri ön planda tutulur. Bu sebeple Si(Li) ve Ge(Li) yarıiletken detektörleri yaygın biçimde kullanılmaktadır. Çalışmamızda incelenen elementlerin karakteristik X-ışınlarına ait spektrumları enerji ayrımlı X-ışınları spektrometresinde analiz etmek için, Si(Li) yarıiletken detektörü ve buna bağlı elektronik sistem kullanılmıştır. Detektör, en uygun ayırma gücü elde etmek ve gürültüyü azaltmak için sıvı azot sıcaklığında ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) tutulmalıdır. Bunun için detektör, 30 lt sıvı azot alabilecek bir tanka yerleştirilmiştir. Detektör, dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmesini önlemek için  $30\ \mu\text{m}$  kalınlığında berilyum pencere ile koruma altına alınmıştır. E enerjili bir foton sayacın aktif bölgesine düştüğünde silisyum atomlarını iyonlaştırır. Foton, enerjisinin tamamını fotoelektronlara verir. Fotoelektron, enerjisi bitinceye kadar yolu boyunca elektron-boşluk çifti meydana getirerek sayaç içinde hareket eder. Şekil 9'da hol hareketi ve dedektörün şematik gösterimi görülmektedir [139].



Şekil 9. Yarıiletken dedektörün şematik gösterimi

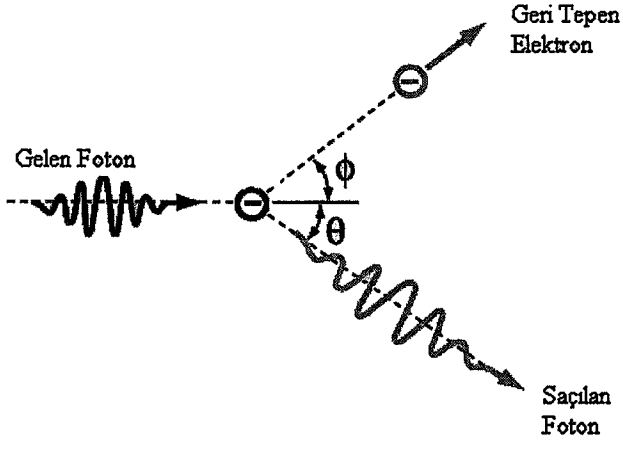


Şekil 10. X-ışınları floresans ölçüm sisteminin blok diyagramı

#### 1.7.1.5. Compton Saçılması

Compton olayı, ışığın tanecikli yapıda olduğunu gösteren önemli olaylardan biridir. Gelen foton, kendisine kıyasla çok zayıf bağlı veya serbest bir elektron ile çarpışarak enerjisinin bir kısmını kaybeder ve geliş doğrultusundan sapar. Bu sırada gelen fotonla etkileşen elektron yörüngesinden koparılarak belli bir açıyla saçılır. Compton saçılması, elektronun bağlanma enerjisinin, gelen fotonun enerjisi yanında ihmal edilecek kadar küçük olduğu durumlarda etkili olarak gözlenir. Şekil 11’de görüldüğü gibi  $\theta$  saçılan fotonun geliş doğrultusuyla,  $\phi$  ise geri tepen elektronun geliş doğrultusuyla yaptığı açıdır.

Fotoelektrik olay genellikle K ve L tabakalarına ait elektronlarda baskın olmasına rağmen, Compton olayı dış tabaka elektronlarında daha baskındır. Compton saçılması, elektronun bağlanma enerjisinin, gelen fotonun enerjisi yanında ihmal edilecek kadar küçük olduğu durumlarda baskın olarak meydana gelmektedir [140].



Şekil 11. Compton Saçılması



## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Toprak Profil Noktalarının Belirlenmesi**

Araştırma amacına uygun olacak şekilde tel direklerinin dikildiği yerler ile bunların kontrol örneği olarak tel direklerinin dikildiği yerlerin yakınından çalışmayı temsil edecek yeter sayıda toprak örneği alınmıştır. Toprak örnekleri standartlara uygun olarak Trabzon, Rize ve Artvin illerinin farklı toprak ve iklim özelliklerini temsil edecek şekilde toprak profili açılmış ve profillerin farklı derinlik kademelerinden (yüzey ve ilk 30 cm derinlikten) bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak analiz için laboratuvarlara getirilmiştir. Toprak örnekleri laboratuvarında kurutulup elendikten sonra 2mm'den küçük kısmı analizlerde kullanılmıştır [141].

#### **2.1.1 Laboratuvar Yöntemleri**

##### **2.1.1.1 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması**

Araştırma sahasından usulüne uygun olarak alınan, yapısı bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri laboratuvarında asit buharları ve tozdan etkilenmeyecek yerlerde serilerek hava kurusu hale gelinceye dek kurutulmuştur. Daha sonra toprak örnekleri havanda öğütülerek 2 mm' lik elekten geçirilip numaralı naylon torbalara doldurularak analize hazır hale getirilmiştir. Yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerde toprak örneklerinin ince ( $d < 2\text{mm}$ ) kısmı kullanılmıştır [141,142,143].

##### **2.1.1.2 Toprağın Mekanik Bileşiminin Belirlenmesi (Mekanik Analiz)**

Analizi yapmak için, ince tekstürlü hava kurusu topraktan 50 gr, kaba tekstürlü topraklardan 100 gr. örnekler tartılmış ve 400 ml' lik beherlere konulmuştur. Daha sonra içinde toprak örnekleri olan beher yarıya kadar saf ile doldurulmuş ve dispersleşmeyi kolaylaştırmak için 10 ml kalgon ilave edilmiştir. Örnekler iyice karıştırıldıktan sonra bir

gece dispersleşmeye terk edilmiş ve ertesi gün toprak örnekleri mekanik karıştırıcıya aktarılarak 5 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra süspansiyon, piset yardımıyla Bouyoucos silindirine aktarılmış, silindir içindeki süspansiyon saf su ile 1000 ml olacak şekilde tamamlanmıştır. Silindirin üzeri plastik bir mantar tıkaç ile kapatılarak, silindirdeki süspansiyon özel bir mekanik karıştırıcıyla alt üst edilmiştir. Karıştırmadan hemen sonra hidrometre dikkatli bir şekilde silindirin içine konulmuş ve Uluslararası Toprak Topluluğunun tanımlamasına uygun olarak 4.48 . saniyede ilk okuma yapılmış, termometre ile sıcaklık ölçümü yapılarak değerler önceden hazırlanan çizelgelere kaydedilmiştir. İkinci okuma 120. dakikada yapılmış, termometre ile sıcaklık ölçülerek kaydedilmiştir. Birinci ve ikinci okumalar sonucu elde edilen hidrometre değerlerini düzeltmek için 20°C 'nin üstünde bulunan her derece için hidrometre değerine (+) 0.2, 20°C' nin altındaki her derece için hidrometre değerine (-) 0.2 ilave edilmiştir. Daha sonra aşağıdaki formüller yardımıyla kum (%), toz (%) ve kil oranları belirlenmiştir [141,145,146,147]:

$$\text{Toz +Kil (\%)} = \frac{\text{DHD (4'48'')}}{\text{MKTA}} \times 100,$$

$$\text{Kil (\%)} = \frac{\text{DHD (120')}}{\text{MKTA}} \times 100$$

$$\text{Kum (\%)} = 100 - (\text{Toz} + \text{Kil}),$$

Formülde: DHD: Düzeltilmiş hidrometre değeri,

MKTA: Mutlak kuru toprak ağırlığı

### 2.1.1.3 Maksimum Su Tutma Kapasitesi

Geçirgenlik ölçümlerinde kullanılan su ile doygun haldeki toprak örnekleri, silindirdeki fazla suyun boşaltılması için 1 saat süreyle hafif eğimli bir zeminde serbest drenaja bırakılmıştır. Daha sonra silindirdeki topraklar boşaltılarak hava kurusu hale getirilerek ağırlıkları belirlenmiştir. Sonra topraklar cam kaplara doldurularak 105 °C de 24 saat kurutulmuş ve fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Hava kurusu ve fırın kurusu toprak

ağırlıkları arasındaki fark yardımıyla ağırlık yüzdesi olarak maksimum su tutma kapasitesi hesaplanmıştır [141,144,148].

$$\% \text{ WHC} = \frac{W_1 - W_0}{0.13 \times W_0} \times 100$$

WHC : Su tutma kapasitesi

$W_0$  : Toprağın tam kuru ağırlığı

$W_1$  : Toprağın hava kurusu ağırlığı

#### **2.1.1.4. Toprak Tepkimesinin (pH) Belirlenmesi**

Toprak asitliğini belirlemek için, 10 gr hava kurusu ince toprak tartılarak erlenmayerin içine konularak üzerine 25 ml saf su ilave edilmiştir. Daha sonra plastik mantar yardımı ile örneklerin üzeri kapatılmış ve örnekler iyice çalkalanarak bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün dijital pH metre ile ölçümler yapılmıştır [141,149].

#### **2.1.1.5. İklim verilerinin temini**

Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımda olan tel direklerinin kullanım süresine bölgenin ilkim özelliklerinin etkisini ortaya koymak ve risk haritasını belirlemek amacıyla, Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait aylık yağış miktarları, sıcaklık ortalamaları ve bağıl nem değerleri Devlet Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilmiştir [150].

#### **2.1.1.6. Tel Direklerindeki Tahribatların Tespiti**

Kullanımda bulunan ve gerekse atıl haldeki depolarda bekletilen direklerde yaygın olarak görülen tahribatların tespiti AWWA M13-01 numaralı kullanımda bulunan tel direklerin fiziksel olarak denetlenmesi için rehber standardına göre yapılmıştır [151].

Bu çalışma kapsamında kullanımda bulunan tel direkleri yerinde fiziksel olarak yukarıda belirtilen standart uyarınca denetlenmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir:

#### A. Ağaç türü

- Emprenye maddesi
- Direğin yaşı

#### B. Tahribatın tipi ve direğin hangi bölgesinde olduğu

##### Direğin yüzeyindeki kusurlar

- a. Kusurun bölgesi
- b. Kusurun maksimum derinliği

##### Direğin iç kısımlarındaki kusurlar

- a. Kusurun bölgesi

#### 2.1.1.7. Mantar Türlerinin Teşhisi

Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanılan tel direklerinin büyük çoğunluğu iğne yapraklı ağaçlardan olup, genellikle sarı çam, ladin ve göknar türleridir. Halen kullanımda bulunan tel direklerinin çoğu CCA ile empreyedir. Ancak bazı eski direkler kreozot ile empreyedir. Bu çalışma kapsamında teşhis edilen mantarlar sadece CCA ile empreyeli tel direklerinden alınan örneklerde belirlenmiştir. CCA ile empreyeli tel direklerinde en fazla tahribata yol açan iki ana grup Basidiomycetes ve mikro (küf ve renklemelere neden olan mantarlar) mantarlardır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında sadece Basidiomycetes sınıfına ait mantarların teşhisi çalışılmıştır.

Örnekler kullanımda olan ve mantar tahribatına uğramış tel direklerinden ve kullanım süresini tamamlamış, atıl haldeki TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerinden temin edilmiştir. Örnekler gerek tel direklerinin mantar tahribatına uğramış kısımlarından alınan parçalar şeklinde, gerekse artım burgusuyla temin edilmiştir. Eğer tel direklerinde şapka (fruitbody) oluşumu varsa, mantarın kendisi alınmış ve teşhis edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu mantarlar kültüre alınıp teşhisleri yapılarak kesin tür teşhisi yapılmıştır. Temin edilen örnekler petri kaplarına konulmuş ve laboratuara getirilerek 24 saat içerisinde kültüre alınmıştır. Örneklerin alındığı yer ve alındığı tel direğine ait bilgiler (ağaç türü, kullanım ömrü vb.) kayıt edilmiştir.

Odunu tahrip eden mantarların izolasyonu ve teşhisi için yapılan çalışmalarda birçok değişik besin ortamı kullanılmıştır. Çoğu durumda, %2.5 veya %3 malt ekstrakt ve %1.5 agarın 1 litre destile su içerisinde karıştırılmasıyla hazırlanan besin ortamının

Basidiomycetes, yumuşak çürüklük ve mikro mantarlarının izolasyonunda en iyi sonucu verdiği belirtilmiştir [152].

Bu çalışma kapsamında, temin edilen örneklerde mantar izolasyonu ve teşhisi amacıyla %2 oranında agar ve %1.5 oranında malt ekstrakt içeren karışımdan 48 gr tartılarak 1 litre saf suda karıştırılarak 60-70 °C su banyosunda tamamen eriyinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra hazırlanan besin ortamı 15 psi basınç altında 30 dakika süreyle otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilize edilen besin ortamı 40°C kadar soğutulduktan sonra yaklaşık 35-40 ml malt-ekstrakt ve agar besin ortamı 90 mm çapındaki plastik petri kaplarına dökülmüştür. Petri kapları 1 gün süreyle soğumaya bırakıldıktan sonra, daha önceden temin edilen örnekler alkol ile sterilize edilerek petri kaplarına yerleştirilmiş ve  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve %65 bağıl nem koşullarındaki inkübasyon dolabına yerleştirilmiştir. Petri kaplarındaki mantar gelişimi 10 gün süreyle takip edilmiştir. Bu süresinin sonunda, Basidiomycetes sınıfı ve mikro mantarları ayırmak amacıyla %1.25 malt ekstrakt, %1.5 agar ve 4 mg benomyl 1 litre suda karıştırılarak hazırlanan besin ortamı kullanılmıştır. Benomyl mikro mantarların gelişmesini engellemektedir. Bu şekilde ayrılan mantarlar yukarıda belirtilen besin ortamında alt kültüre alınarak yine  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ve %65 bağıl nem koşullarındaki inkübasyon dolabına yerleştirilmiştir. Petri kaplarındaki mantar gelişimi 15 gün süreyle takip edilmiştir. Mantarların teşhisi mantarların gelişim süreci verileriyle Wang ve Zabel tarafından hazırlanan teşhis anahtar listesine göre yapılmıştır [152].

## **2.2. Hammadde ve Kimyasal Madde Temini**

### **2.2.1. Ağaç Malzeme**

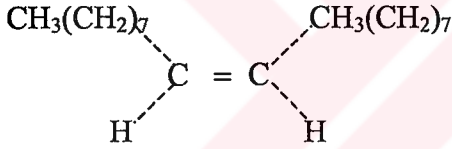
Bu araştırma kapsamında kullanılan ağaç malzemeler TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposundan atıl haldeki ve kullanıma sunulmamış bakır-krom arsenik (CCA) ile emprenyeli tel direklerinden temin edilmiştir. Temin edilen tel direklerindeki emprenye maddesi miktarı (retensiyonu) X-RF analiz cihazıyla tespit edilmiştir.



### 2.2.2. Kimyasal Maddeler

CCA ile emprenye edilmiş tel direklerinden bakır krom ve arseniğin uzaklaştırılması için yapılan remidasyon deneylerinde kromotropik asit, humik asit sodyum tuzu, sitrik asit, oksalik asit, fosforik asit, resorsinol, oleik asit (zeytin asiti), sodyum hidroksit, sodyum klorür ve amonyum sülfat kullanılmıştır. Bu kimyasal maddelerin özellikleri ve nereden temin edildikleri aşağıda verilmiştir.

**Oleik Asit:** Oleik asit hayvanlarda ve bitkilerde bulunan yağlı bir asittir. Karbonlar arasında tek bir çift bağ bulunduğundan mono-doymamış yağlı asit olarak da adlandırılır. Oleik asidin fiziksel özellikleri; sayıya, geometriye, tek olan çift bağın pozisyonuna ve doymamış yağ oranının derecesine göre belirlenir. Oleik asit açık sarı veya kahverengimsi-sarı renkte yağimsı bir sıvıdır. Kokusu zeytin veya domuz yağına benzemektedir. Suda çözünmekte olup, yoğunluğu 25°C'de 0.895gr/cm<sup>3</sup> dür. Erime sıcaklığı 16.3°C ve kaynama sıcaklığı 360°C'dir. Oleik asidin (C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>-CH:CH-[CH<sub>2</sub>]<sub>7</sub>.CO<sub>2</sub>H ) kimyasal yapısı aşağıdaki gibidir:



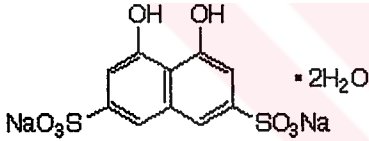
Oleik asit herhangi bir diğer yağlı asitten çok daha fazla miktarlarda doğal olarak bulunur. Birçok yağda gliseritler olarak mevcuttur. Oleik asidin yüksek konsantrasyonları kandaki kollesterol seviyesini düşürebilir. Endüstride sentetik tereyağ ve peynir yapımında kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında oleik asit İzmir TARİŞ Zeytinyağı Fabrikasından temin edilmiştir.

**Sodyum hidroksit (NaOH):** Beyaz renkte nem çekici bir maddedir. Suda kolaylıkla çözünür ve yumuşak kaygan ve sabun hissi veren bir çözelti oluşturur. İnsan dokusuna kaşıntıverici etkisi vardır. Sodyum hidroksit, laboratuvarlarda CO<sub>2</sub> gibi asidik gazları yakalamak için kullanılır. Endüstride bir çok kimyasal maddenin yapımında, yapay ipek, sabun, kağıt, tekstil, boya, deterjan endüstrisinde ve petrol rafinerilerinde kullanılır. Bu çalışmada sodyum hidroksit Carlo Erba firmasından temin edilmiştir.

**Fosforik asit ( $H_3PO_4$ ):** Saf fosforik asit, renksiz kristaller halinde bir katıdır. Fosforik asit en çok, fosfatlı gübrelerin yapımında ve ilaç endüstrisinde kullanılır. Suda çözünmekte olup, yoğunluğu  $15.5^{\circ}C$ 'de  $1.580\text{gr}/\text{cm}^3$  dür. Erime sıcaklığı  $-17.5^{\circ}C$  ve kaynama sıcaklığı  $133^{\circ}C$ 'dir. Fosforik asit Merck firmasından temin edilmiştir.

**Oksalik asit ( $H_2C_2O_4$ ):** Oksalik asit suda ve alkolde çözünebilir çok zehirli ve güçlü bir asittir. Etherde çözünürlüğü azdır. Oksalik asit bitkilerin çoğunda doğal olarak bulunmaktadır. İnsan vücudu da oksalik asidi askorbik asitten (C vitamini) sentezlemektedir. Oksalik asit renksizdir ve erime sıcaklığı  $189^{\circ}C$ , yoğunluğu  $1.9\text{gr}/\text{cm}^3$ 'dür. Oksalik asit Carlo Erba firmasından temin edilmiştir.

**Kromotropik asit ( $C_{10}H_6Na_2O_8S_2 \cdot 2H_2O$ ):** Kromotropik asit gri renkli suda çözünen kuru toz halinde bulunmaktadır. Molekül ağırlığı  $400\text{gr}$ 'dır. Formülü aşağıdaki gibidir. Komotropik asit Merck firmasından temin edilmiştir.

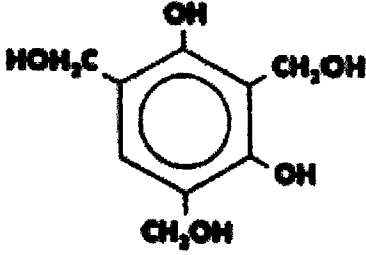


**Sodyum Klorür ( $NaCl$ ):** Sodyum klorür yemek tuzu olarak da bilinir. Molekül ağırlığı  $58.45\text{ gr}$  yoğunluğu  $2.16\text{gr}/\text{cm}^3$ , erime sıcaklığı  $801^{\circ}C$ 'dir. Suda kolayca çözünmektedir. Sodyum klorür Carlo Erba firmasından temin edilmiştir.

**Sitrik asit ( $HOOCCH_2C(OH)(COOH)CH_2COOH \cdot H_2O$ ):** Renksiz, yarı saydam kristal veya toz halinde, kokusuz ve güçlü asit tadında bir asittir. Yoğunluğu  $1.542\text{gr}/\text{cm}^3$  ve erime sıcaklığı  $153^{\circ}C$ 'dir. Sitrik asit suda ve alkolde çok kolayca çözünebilir çok güçlü bir asittir. Eterde de çözünür. Sitrik asit Merck firmasından temin edilmiştir.

**Resorsinol:** Resorsinol daha önceki yapılan çalışmalarda tutkallara birleştirici katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre odun ile tutkal arasında fizikokimyasal bağ oluşturarak, yapışma direncini arttırdığı belirtilmiştir. Özellikle atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinden odun kompozitleri üretimi sırasında,  $Cr^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$  ve  $As^{+3}$  metal iyonlarının odunla tutkal arasında fiziksel olmasından ve tutkalın sertleşmesini hızlandırmasından dolayı meydana gelen düşük yapışma direncini iyileştirdiği ve yüksek yapışma direncine sahip kompozitlerin üretilebilmesine olanak sağladığı bildirilmiştir. Bu amaçla, bu araştırma kapsamında resorsinolün yukarıda belirtilen

metallerin uzaklaştırılmasındaki etkisi araştırılmıştır. Resorsinol Aldrich firmasından temin edilmiştir.



### 2.2.3. Örneklerin Hazırlanması

#### 2.2.3.1. Odun Örneklerinin Hazırlanması

Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) Trabzon Bölge Müdürlüğü'nün Arsin deposundan temin edilen tel direkleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Kereste Atölyesinde biçilerek 3 farklı boyutta hazırlanmıştır. Örnek boyutlarının odunda bulunan bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasındaki etkisini araştırmak amacıyla 2x2x2, 5x5x5 ve 5x5x10 cm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Gerek tel direklerinin biçilmesi ve gerekse küçük boyutlardaki örneklerin hazırlanması sırasında, ağız ve burunu kapsayan yüz maskesi ve eldiven kullanılarak doğabilecek olumsuz sağlık sorunları önlenmiştir. Ayrıca, örneklerin hazırlanması sırasında ortaya çıkan talaş ve CCA emprenyeli tel direkleri parçacıkları itina ile ortamdan temizlenerek, bunların diğer canlılara ve insanlara zarar vermemesi için azami özen gösterilmiştir. Bu amaçla, CCA emprenyeli tel direklerinin gerek taşınması gerekse biçilmesi ve deney örnekleri boyutlarına getirilmesi sırasında alınan önlemler, daha önce bu konuda çalışmalarda bulunmuş yurt dışındaki bilim adamlarıyla temasa geçilerek tasarlanmış ve uygulanmıştır [153,154,155].

### 2.2.3.2. Kimyasal Çözeltilerin Hazırlanması

CCA ile emprenyeli atıl haldeki tel direklerinden bakır krom ve arseniğin uzaklaştırılması amacıyla yukarıda belirtilen kimyasal maddelerin farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltilerin pH'ları pH metre ile belirlenmiş ve istenilen pH değerlerine ayarlanmıştır.

### 2.2.3.3. Remidasyon

Temin edilen atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerden farklı boyutlarda hazırlanan deney örneklerinden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla, kromotropik asit, sitrik asit, oksalik asit, fosforik asit, zeytin (oleik) asitin farklı konsantrasyonlardaki ve pH'ları 2 ile 5 arasında değişen çözeltileriyle AWPA E11-01 [156] standardına göre 1,3,7,14 gün süreyle yıkanma işlemleri yapılarak bakır, krom ve arseniğin en fazla uzaklaştırıldığı optimum pH derecesi, örnek boyutu ve süre belirlenmiştir. Benzer işlemler amonyum sülfat ve resorsinol çözeltilerinin pH'ları 5-7 arasında olan çözeltileriyle ve hümik asit sodyum tuzu ve sodyum hidroksitin pH'ları 10-13 arasında değişen çözeltileriyle yapılmıştır.

Remidasyon işlemleri için, her bir kimyasal madde ve pH seviyesi için 2X2X2 cm boyutundaki örneklerden 30 adet, 5X5X5 cm ve 5X5X10 cm boyutundaki örneklerden 10 adet kullanılmıştır. Bu işlemler sırasında 2X2X2 cm boyutundaki örneklerden 4'er adet, 5X5X5 cm ve 5X5X10 cm boyutundaki örneklerden 2'şer adet 1., 3., 7., ve 14. günün sonunda alınarak uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiştir (Tablo 7). Yıkanma işlemi devam ederken çözeltilerde meydana gelen pH değişimleri kaydedilmiştir.

Tablo 7. Remidasyon çalışmalarında kullanılan kimyasal maddeler, örnek boyutları, pH, süre ve kullanılan toplam örnek sayıları

Kimyasal Madde	Örnek Boyutu	pH				Süre (gün)				Örnek Sayısı
		2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	
Sitrik asit	2x2x2cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	120
	5x5x5cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
	5x5x10cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
Kromotropik asit	2x2x2cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	120
	5x5x5cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
	5x5x10cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
Fosforik asit	2x2x2cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	120
	5x5x5cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
	5x5x10cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
Oksalik asit	2x2x2cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	120
	5x5x5cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
	5x5x10cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
Oleik asit	2x2x2cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	120
	5x5x5cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
	5x5x10cm	2.0	2.5	3.5	5	1	3	7	14	40
Amonyum sülfat	2x2x2cm	5.5	6.0	6.5	-	1	3	7	14	90
	5x5x5cm	5.5	6.0	6.5	-	1	3	7	14	30
	5x5x10cm	5.5	6.0	6.5	-	1	3	7	14	30
Resorsinol	2x2x2cm	5.5	6.0	6.5	-	1	3	7	14	90
	5x5x5cm	5.5	6.0	6.5	-	1	3	7	14	30
	5x5x10cm	5.5	6.0	6.5	-	1	3	7	14	30
Humik asit sodyum tuzu	2x2x2cm	11.0	11.5	13.0	-	1	3	7	14	90
	5x5x5cm	11.0	11.5	13.0	-	1	3	7	14	30
	5x5x10cm	11.0	11.5	13.0	-	1	3	7	14	30
Sodyum hidroksit	2x2x2cm	11.0	12.0	13.0	-	1	3	7	14	90
	5x5x5cm	11.0	12.0	13.0	-	1	3	7	14	30
	5x5x10cm	11.0	12.0	13.0	-	1	3	7	14	30
Sodyum klorür		% Konsantrasyon								
	2x2x2cm	%30	%50	-	-	1	3	7	14	60
	5x5x5cm	%30	%50	-	-	1	3	7	14	20
	5x5x10cm	%30	%50	-	-	1	3	7	14	20

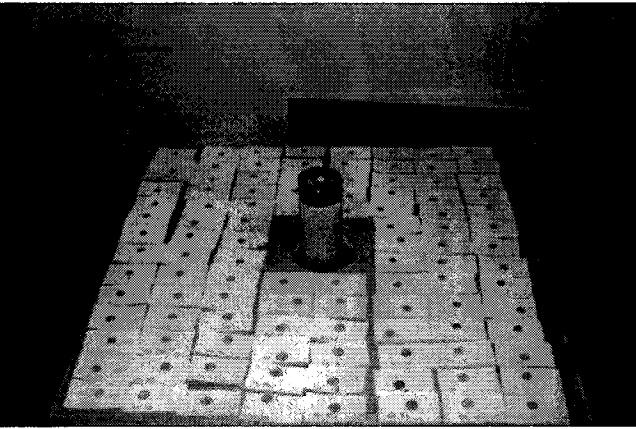
#### 2.4. Numunelerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan gerek remidasyona maruz bırakılan gerekse herhangi bir işleme tabi tutulmamış kontrol odun örnekleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında Willey değirmeninde öğütülüp elendikten sonra tabletlerin hazırlanması için hazır hale getirilmiştir.

Hazır hale getirilen bu numuneler Karadeniz Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü Katı Hal Laboratuvarında 0.5000 gr olarak tartılmış ve 5 ton yük uygulanarak preslenerek tabletler hazırlanıp bakır, krom ve arsenik tayini için hazır hale getirilmiştir (Şekil 12,13).



Şekil 12. Tabletlerin hazırlanmasında kullanılan pres



Şekil 13. Hazırlanan tabletler

### 2.3.1. Bakır, Krom ve Arsenik Tayini

Remidasyona uğratılmış ve kontrol odun örnekleri ve toprak örneklerindeki bakır, krom ve arsenik miktarları; AWP A9-01 emprenyeli odun ve emprenye çözeltisindeki elementlerin X-Ray spektroskopisiyle belirlenmesi yönelik hazırlanan standart yöntemle göre saptanmıştır [157]. Hazırlanan her bir tablet 2000 saniye süreyle analiz edilerek bakır, krom ve arsenik miktarları gerek odun gerekse toprak örneklerinde belirlenmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. X-ışını floresans sisteminin genel görünüşü

### 2.4. İstatistiksel Yöntemler

Elde edilen veriler SPSS istatistik paket programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Her bir ile ait toprak özellerinin CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanıp toprağa geçen bakır, krom ve arsenik oranlarına etkileri ve farklı kimsyal maddeler ile remidasyona maruz bırakılan sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom arsenik oranlarına, remidasyon çözeltisinin, çözelti pH'sının ve örnek boyutlarının etkileri ve bunların arasında istatistiksel anlamda farklılık olup olmadığını varyans analizi ile belirlenmiştir. Bunun sonucunda ortaya çıkan anlamlı

farklılıkların hangi faktörler arasında olduğunu belirlemek üzere Duncan Testi uygulanmıştır. Ayrıca, farklı kimsayal maddeler ile remidasyona maruz bırakılan sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarını tahmin edilmesini sağlayacak en iyi modeli belirlemek üzere regrasyon analizi uygulanmıştır.





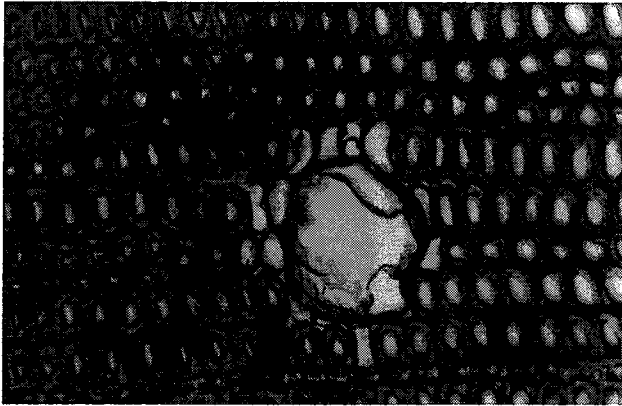
### 3. BULGULAR

#### 3.1. CCA ile Emprenyeli Tel Direklerinin Tür Teşhisi

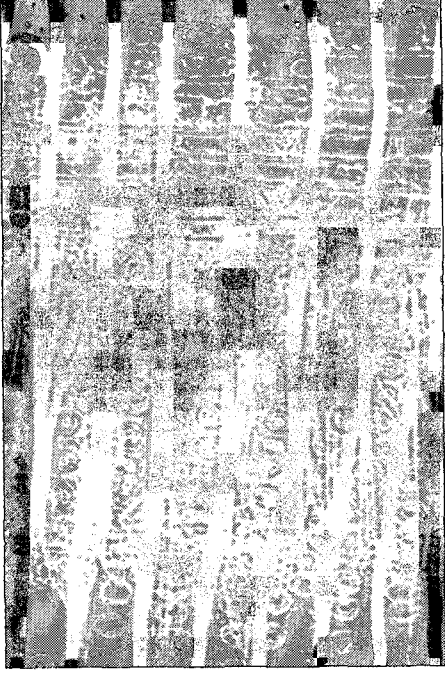
Bu çalışma kapsamında TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposundan temin edilen ve remidasyon çalışmalarında kullanılan CCA ile emprenyeli tel direklerinin tür teşhisi yapılmış ve sarıçam olduğu tespit edilmiştir. Tür teşhisi yapılan CCA emprenyeli tel direklerinden alınan örneklerin enine, radyal ve teğet kesitleri Şekil15-18'de verilmektedir.



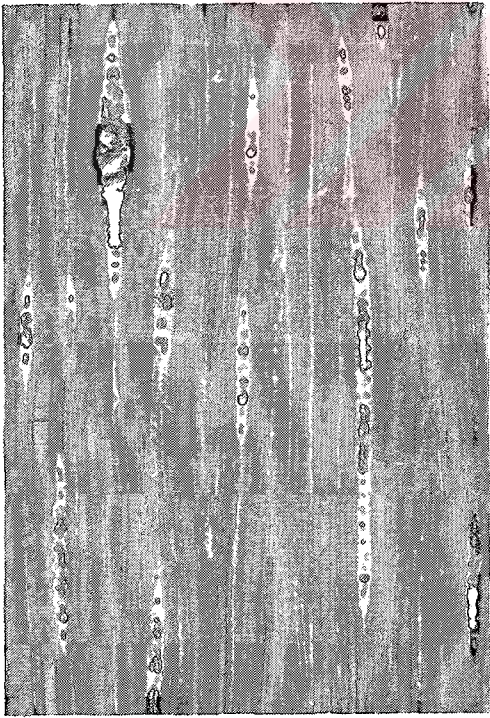
Şekil 15. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin enine kesiti



Şekil 16. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin enine kesitinde reçine kanalı



Şekil 17. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin radyal kesiti



Şekil 18. Teşhis edilen CCA ile emprenyeli sarıçam tel direği örneğinin teğet kesiti

## 3.2. İklim Özelliklerine İlişkin Bulgular

### 3.2.1. Trabzon İlinin İklim Özellikleri

Araştırma alanı, Türkiye makroklima iklim tiplerine göre Doğu Karadeniz iklim alanına girmektedir. Bu iklim tipinin özelliği; deniz etkisine bağlı olarak kışları ılık, yazları sıcak ve çok yağışlı olmasıdır. Araştırma alanında, aşağı kesimler ile yüksek dağlık kesimler arasında 2000m'lere varan yükseklik farklarının görülmesinden ötürü iklim koşullarında da bir takım değişiklikler oluşmaktadır. Araştırma alanına ait iklim özelliklerinin ortaya koyulmasında ve iklim analizinin yapılmasında Trabzon Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılmıştır. Araştırma alanının dahilinde kalan Trabzon'da yıllık ortalama sıcaklık 14.5 C, yıllık ortalama yüksek sıcaklık 17.8 C, yıllık ortalama düşük sıcaklık 11.6 C'dir. Araştırma sahasındaki yıllık ortalama yağış 833.8 mm'dir. Yılın en yağışlı ayı 113.2 mm ile kasım, yılın en kurak ayı 37 mm ile temmuz ayıdır. Mevsimler itibariyle yağış rejimi ilkbahardan yazı doğru hızla azalmaktadır. En yağışlı mevsim sonbahar, en kurak mevsim yazdır. yıllık ortalama yağış miktarları Trabzon'da 833.8, Meryemana'da 902.0, Maçka'da 699.5 ve Of'ta 1677.6 mm. olarak görülmektedir.

Tablo 8. Trabzon Meteoroloji İstasyonununun 1940-2001 yıllarına ait meteoroloji ölçüm değerleri (h = 60 m.)

Meteorolojik Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.3	7.3	8.2	11.6	15.7	20.0	22.6	22.9	20.0	16.3	12.9	9.5	14.5
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	10.6	10.8	11.7	15.2	18.9	22.8	25.6	26.0	23.3	19.8	16.4	13.0	17.8
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	4.5	4.5	5.2	8.5	12.8	16.9	19.7	20.1	17.2	13.5	10.1	6.7	11.6
Ortalama Yağış (mm)	85.2	65.2	58.1	58.4	53.8	53.1	37.0	47.7	78.3	113.2	99.0	84.8	833.8

## 3.2. İklim Özelliklerine İlişkin Bulgular

### 3.2.1. Trabzon İlinin İklim Özellikleri

Araştırma alanı, Türkiye makroklima iklim tiplerine göre Doğu Karadeniz iklim alanına girmektedir. Bu iklim tipinin özelliği; deniz etkisine bağlı olarak kışları ılık, yazları sıcak ve çok yağışlı olmasıdır. Araştırma alanında, aşağı kesimler ile yüksek dağlık kesimler arasında 2000m'lere varan yükseklik farklarının görülmesinden ötürü iklim koşullarında da bir takım değişiklikler oluşmaktadır. Araştırma alanına ait iklim özelliklerinin ortaya koyulmasında ve iklim analizinin yapılmasında Trabzon Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılmıştır. Araştırma alanının dahilinde kalan Trabzon'da yıllık ortalama sıcaklık 14.5 °C, yıllık ortalama yüksek sıcaklık 17.8 °C, yıllık ortalama düşük sıcaklık 11.6 °C'dır. Araştırma sahasındaki yıllık ortalama yağış 833.8 mm'dir. Yılın en yağışlı ayı 113.2 mm ile kasım, yılın en kurak ayı 37 mm ile temmuz ayıdır. Mevsimler itibariyle yağış rejimi ilkbahardan yazı doğru hızla azalmaktadır. En yağışlı mevsim sonbahar, en kurak mevsim yazdır. yıllık ortalama yağış miktarları Trabzon'da 833.8, Meryemana'da 902.0, Maçka'da 699.5 ve Of'ta 1677.6 mm. olarak görülmektedir.

Tablo 8. Trabzon Meteoroloji İstasyonunun 1940-2001 yıllarına ait meteoroloji ölçüm değerleri (h = 60 m.)

Meteorolojik Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.3	7.3	8.2	11.6	15.7	20.0	22.6	22.9	20.0	16.3	12.9	9.5	14.5
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	10.6	10.8	11.7	15.2	18.9	22.8	25.6	26.0	23.3	19.8	16.4	13.0	17.8
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	4.5	4.5	5.2	8.5	12.8	16.9	19.7	20.1	17.2	13.5	10.1	6.7	11.6
Ortalama Yağış (mm)	85.2	65.2	58.1	58.4	53.8	53.1	37.0	47.7	78.3	113.2	99.0	84.8	833.8

Tablo 9. Araştırma alanındaki bazı meteoroloji istasyonlarına ait ortalama yağış değerleri (mm.)

İstasyon	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
TRABZON	85.2	65.2	58.1	58.4	53.8	53.1	37.0	47.7	78.3	113.2	99.0	84.8	833.8
MERYEMANA	45	47	51	103	125	130	92	91	68	81	56	53	902.0
MAÇKA	58.7	60.7	58.1	68.8	85.0	71.8	30.8	36.2	50.0	62.7	63.2	53.5	699.5
OF	157.6	129.6	105.9	81.6	82.7	93.2	107.1	137.7	199.6	227.1	193.7	161.8	1677.6
Ortalama	86.6	75.6	68.3	78	86.6	87	66.7	78.2	99	121	103	88.3	1028.2

Araştırma alanında bağıl nem oranları kış aylarında sıcaklığın az olmasından ötürü düşük olmakla birlikte tüm bir yıl içerisinde genellikle bölge özelliğini yansıtacak biçimde yüksektir. Buna göre, Tablo 10'da verilen istasyonlara ait ortalama bağıl nem oranları karşılaştırıldığında, Trabzon merkezde %72, Meryemana'da %76, Maçka'da %74 ve Of'ta ise %75 olarak izlenmektedir. En düşük nem oranları ise Trabzon'da Nisan ayında %6, Meryemana'da Ocak ayında % 5, Maçka'da Aralık ayında % 2 ve Of'ta ise Nisan ayında % 9 olarak görülmektedir.

Tablo 10. Araştırma alanındaki bazı meteoroloji istasyonlarına ait bağıl nem değerleri (%)

İstasyon	Meteorolojik Eleman	Aylar												Yıllık
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
TRABZON	Ortalama bağıl nem	67	68	72	74	78	75	74	73	74	72	69	66	72
	En düşük bağıl nem	10	13	7	6	14	26	17	28	26	11	11	12	6
MERYEMANA	Ortalama bağıl nem	70	70	70	73	77	80	82	82	81	78	74	72	76
	En düşük bağıl nem	5	7	7	11	12	19	13	18	20	19	10	12	5
MAÇKA	Ortalama bağıl nem	70	71	70	70	75	75	77	78	77	77	72	71	74
	En düşük bağıl nem	10	8	10	6	12	11	14	18	13	15	13	2	2
OF	Ortalama bağıl nem	70	71	74	75	79	77	79	79	79	78	73	69	75
	En düşük bağıl nem	11	12	10	9	18	33	27	43	41	19	12	10	9

### 3.2.2. Rize Yöresinin Genel İklim Özellikleri

Rize yöresinin iklim elemanlarının değerlendirilmesinde Rize Meteoroloji İstasyonunun 1930-1997 yılları arasındaki rasat değerlerinden faydalanılmıştır. Rize yöresi kışları ılık, yazları sıcak ve her mevsim yağışlı bir iklime sahiptir. Yöredeki yıllık ortalama sıcaklık 13.17 °C, yılın en sıcak ayı Ağustos (22.5 °C), yılın en soğuk ayı Şubat (6.8 °C)' dir. Sıcaklık bakımından eylül ve ekim ayları yaz mevsimi ile kış mevsimi arasındaki geçiş aylarını oluşturmaktadır. Rize yöresi, Türkiye'nin en yağışlı yerlerinden biridir. 67 yıllık ortalamalara göre yıllık ortalama yağış miktarı 2358.50 mm'dir. Ekim, kasım ve aralık aylarına ait ortalama yağış miktarı 773.7 milimetredir. Bu değer Türkiye'nin pek çok ilinin yıllık ortalama yağış miktarından çok daha yüksektir. Yağışın yıl içindeki dağılışı ilgi çekicidir. Kurak bir mevsim olmamakla birlikte, biri çok yağışlı, diğeri az yağışlı olan iki devre bulunmaktadır. En düşük bağıl nem oranı Rize'de Aralık ayında %71, en yüksek bağıl nem oranı ise Haziran ayında %87 olarak görülmektedir.

Tablo 11. Rize Meteoroloji İstasyonunun 1930-2001 yıllarına ait meteoroloji ölçüm değerleri

Meteorolojik Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.0	6.8	7.9	11.1	15.9	19.7	22.2	22.5	19.6	16.1	12.6	9.2	13.17
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	23.4	25.1	31.4	32.5	37.9	34.5	32.5	35.6	33.3	33.8	30.5	26.3	31.4
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	1.06	1.55	1.89	6.42	10.55	13.85	17.15	17.98	13.10	9.11	5.55	2.30	8.37
Ortalama Yağış (mm)	241	208.9	181.9	104.5	93.8	131.3	156.4	201.5	265.5	278.3	249.9	245.5	2358.5
Ortalama Bağıl Nem (%)	72	72	76	76	80	87	81	80	78	76	74	71	76.9

### 3.2.3. Artvin Yöresinin Genel İklim Özellikleri

Bitki örtüsünün oluşmasında en önemli faktörlerden birisi de iklim özellikleridir. Artvin ilinin iklim özelliklerinin belirlenmesinde Artvin Meteoroloji İstasyonunun uzun süreli gözlem değerleri kullanılmıştır. Artvin, Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümü sınırları içerisinde yer almaktadır. Artvin yöresinde iklimin karakteristiği; kışların ılık, yazların sıcak olması ve çok yüksek yağışlara sıkça rastlanmasıdır. Çoruh Nehri ve

Cankurtaran geçidinden gelen nemli hava ile hem Karadeniz'in etkisi altında bulunmakta hem de yüksek bir arazi yapısına sahip olduğu için alanda sık sık yağış görülmekte ve sis oluşmaktadır. Araştırma alanındaki yıllık ortalama sıcaklık 12.3 °C. yıllık ortalama yüksek sıcaklık 32.03 °C, yıllık ortalama düşük sıcaklık - 2.48 C'dır. Yılın en sıcak ayı 43 °C ile ağustos ayı, yılın en soğuk ayı - 16.1 °C ile ocak ayıdır. Araştırma sahasındaki yıllık ortalama yağış 689.4 mm' dir. Yılın en yağışlı ayı 99.7 mm ile ocak ayı,. yılın en kurak ayı 27.1 mm ile ağustos ayıdır. Mevsimler itibariyle yağış rejimi ilkbahardan yazaya doğru hızla azalmaktadır. En yağışlı mevsim kış, en kurak mevsim yazdır. Artvin yöresinde temmuz, ağustos ve eylül aylarında su açığı olan (veya pek az olan) ve kısmen deniz etkisi altında bir iklim tipi hakimdir. En düşük bağılnem oranı Artvin'de nisan ayında %60, en yüksek bağılnem oranı ise temmuz ayında %71 olarak görülmektedir.

Tablo 12. Artvin Meteoroloji İstasyonunun 1948-2001 yıllarına ait meteoroloji ölçüm değerleri

Meteorolojik Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.7	3.7	7.1	12.1	16	18.6	20.5	20.7	17.8	14.5	9.1	4.6	12.3
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	18.9	21.2	28.4	34.4	36.4	39	42	43	38.4	33.9	27.9	20.9	32.3
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	-16.1	-11.1	-8.5	-4.3	2.7	3.7	9.7	10	4.2	-1.3	-8.2	-10.6	-2.48
Ortalama Yağış (mm)	99.7	73.2	56.3	54.1	52.3	47.9	27.2	27.1	35.1	57.5	70.1	88.9	689.4
Ortalama Bağıl Nem (%)	64	64	62	60	64	68	71	70	69	66	64	64	65

### 3.3. Trabzon, Rize ve Artvin İllerinden Alınan Toprak Örneklerinin pH, Mekanik ve Su Tutma Özelliklerine Ait Bulgular

Bu çalışma kapsamında Trabzon, Rize ve Artvin illerinden 0-5cm ve 30-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerine ait pH, mekanik ve su tutma özellikleri Tablo 13'de verilmektedir.

Tablo 13. İllere göre alınan toprak örneklerinin pH, mekanik ve su tutma özellikleri

İller	Derinlik	pH		Kum (%)		Kil (%)		Toz (%)		Su tutma kap. %	
		Ort.	Std	Ort.	Std	Ort.	Std	Ort.	Std	Ort.	Std
Trabzon	0-5 cm	5.44	0.70	47.97	10.05	26.67	9.6	25.70	4.67	29.37	12.81
	30-40cm	5.69	1.00	46.03	9.00	23.80	5.4	27.03	2.58	33.60	14.91
Rize	0-5 cm	4.66	0.36	65.07	1.86	17.63	1.4	17.10	1.18	61.07	2.70
	30-40cm	4.69	0.31	61.07	1.85	16.07	1.3	22.80	1.75	48.33	2.68
Artvin	0-5 cm	5.92	0.56	52.43	3.99	18.77	5.9	28.93	2.83	31.07	8.67
	30-40cm	6.15	0.68	50.07	5.29	22.07	7.5	27.87	2.96	30.53	9.34

Alınan toprak örneklerinin pH, mekanik ve su tutma özellikleri üzerine derinlik ve il farklılığının etkilerini araştırmak amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 14'de verilmiştir.



Tablo 14. Toprak özellikleri üzerine derinlik ve il farklılığının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Derinlik	SU TUTMA	1222.006	1	1222.006	13.013	***
	Kum	347.222	1	347.222	8.945	**
	Kil	6.422	1	6.422	.178	BD
	Toz	178.006	1	178.006	21.508	***
	PH	1.318	1	1.318	3.173	BD
İl	SU TUTMA	19675.011	2	9837.506	104.757	***
	KUM	8298.100	2	4149.050	106.890	***
	KIL	2124.033	2	1062.017	29.484	***
	TOZ	2334.211	2	1167.106	141.015	***
	PH	57.074	2	28.537	68.717	***
Derinlik*İl	SU TUTMA	1298.344	2	649.172	6.913	**
	KUM	36.878	2	18.439	.475	BD
	KIL	317.011	2	158.506	4.400	*
	TOZ	353.078	2	176.539	21.330	***
	PH	.411	2	.205	.495	BD
Hata	SU TUTMA	16340.033	174	93.908		
	KUM	6754.000	174	38.816		
	KIL	6267.533	174	36.020		
	TOZ	1440.100	174	8.276		
	PH	72.259	180	.415		
Toplam	SU TUTMA	327897.000	180			
	KUM	535790.000	180			
	KIL	86840.000	180			
	TOZ	115957.000	180			
	PH	5425.320	180			

Bu sonuçlara göre derinlik farklılığının su tutma ve toz üzerine etkisi %0.1 anlam düzeyinde, kum üzerine ise %1 anlam düzeyinde istatistiksel olarak önemli, kil ve pH üzerine ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İl farklılığının tüm özellikler üzerine %0.1 anlam düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Derinlik ve il farklılığının karşılıklı etkileşimlerinin toz üzerine %0.1, su tutma üzerine %1, kil üzerine %5 anlam düzeyinde önemli, kum ve pH üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Derinlik ve il farklılığının pH, mekanik ve su tutma özellikleri üzerine etkisini görmek için oluşturulan homojenlik grupları ve Duncan testi sonuçları Tablo 15’de verilmektedir.

Tablo 15. pH, mekanik ve su tutma özellikleri üzerine etkileri araştırılan grupların Duncan testi sonuçları

	pH			Kum (%)			Kil (%)			Toz (%)			Su tutma kap. %		
	Ort.	Std*	HG**	Ort.	Std	HG	Ort.	Std	HG	Ort.	Std	HG	Ort.	Std	HG
Derinlik	5.34	.76	A	55.16	9.61	B	21.02	7.65	A	23.91	5.95	A	42.70	15.97	B
30-40cm	5.51	.94	A	52.38	8.79	A	20.64	6.26	A	25.90	3.32	B	37.49	12.82	A
Trabzon	5.56	.87	B	47.00	9.52	A	25.23	7.86	C	26.36	3.80	B	34.78	13.86	B
Rize	4.68	.34	A	63.05	2.74	C	16.85	1.58	A	19.95	3.23	A	54.70	6.95	C
Artvin	6.03	.62	C	51.25	4.80	B	20.41	6.88	B	28.40	2.91	C	30.80	8.94	A

\* : Standart sapma

\*\* : Homojen Gruplar. Aynı harfle işaretlenmiş varyasyonlar istatistiksel olarak farksızdır.

Derinlik farklılığının pH ve kil oranlarına etkisinin olmadığı, kum, toz ve su tutma kapasitesi oranlarına etkisinin olduğu görülmektedir.

İllerin pH, mekanik özellikler ve su tutma kapasitesi oranları üzerine etkisi olduğu belirlenmiştir. Buna göre pH değerleri bakımından Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en düşük, Artvin ilinden alınan örneklerde ise en yüksek bulunmuş ve pH değerlerinin 3 farklı grupta olduğu belirlenmiştir. Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde kum oranı en düşük iken, Rize ilinden alınan örneklerde kum oranı en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kil oranları incelendiğinde, en düşük kil oranı Rize ilinde, en yüksek kil oranı ise Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde bulunmuştur. Toz oranları bakımından Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en düşük olarak tespit edilirken, Artvin ilinde toz oranı en yüksek bulunmuştur. Su tutma kapasitelerine bakıldığında en düşük su tutma kapasitesi Artvin ilinden alınan toprak örneklerinde tespit edilirken, en yüksek su tutma kapasitesi Rize ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir.

#### **3.4. Toprak Örneklerinde Belirlenen Bakır, Krom ve Arsenik Konsantrasyonlarına İlişkin Bulgular**

Bu çalışma kapsamında Trabzon, Rize ve Artvin illerinden 0-5cm ve 30-40 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde tespit edilen bakır, krom ve arsenik miktarlarına ilişkin bulgular Tablo16'da verilmektedir.

Kontrol ve 30-40cm derinlik seviyesinde alınan örneklerde bakır ve arsenik oranları arasında istatistiksel anlamda herhangi fark olmadığı tespit edilirken, bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları toprak yüzeyinden alınan örneklerde kontrol ve 30-40cm derinlikten alınan örneklerdekenden daha yüksek bulunmuştur. Çalışma kapsamında toprak örnekleri alınan Trabzon, Rize ve Artvin illerindeki bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları incelendiğinde, Rize ilinden alınan toprak örneklerinde tespit edilen bakır krom ve arsenik konsantrasyonlarının Artvin ve Trabzon illerinden alınan toprak örneklerdekenden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Trabzon ve Artvin illerinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları arasında istatistiksel anlamda fark olmadığı belirlenmiştir.

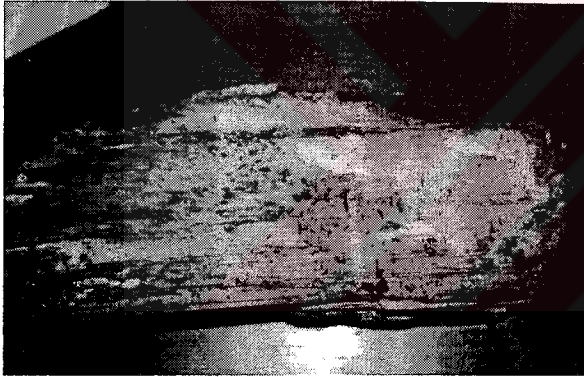
Tablo 16: Bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılan grupların Duncan testi sonuçları

	Bakır			Krom			Arsenik			
	Ort.	Std	HG	Ort.	Std	HG	Ort.	Std	HG	
Derinlik	Kontrol	67.42	10.82	A	34.71	2.14	A	50.69	3.56	A
	0-5cm	474.20	24.93	B	76.00	5.56	C	138.73	8.98	B
	30-40cm	75.27	13.28	A	43.91	3.67	B	57.60	4.93	A
İller	Trabzon	168.04	118.84	A	44.36	18.22	A	71.89	32.61	A
	Rize	285.78	201.50	B	65.37	33.71	B	102.60	64.54	B
	Artvin	163.07	124.97	A	45.00	20.60	A	72.53	45.64	A

### 3.5. Tel Direklerindeki Tahribatlara İlişkin Bulgular

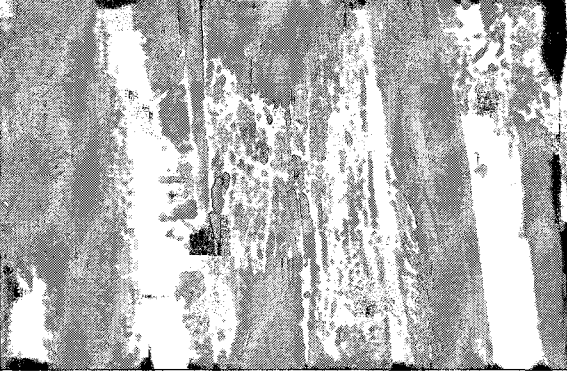
Bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesinde gerek kullanımda olan gerekse atıl halde TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerindeki tahribatlar tespit edilmiştir.

Odunun çürümesine neden olan mantarlar meydana getirdikleri çürüklük tiplerine göre sınıflandırılabilir. Çürüklük tipleri hücre çoğunlukla çeperi bileşenlerindeki bozuşmaya göre tanımlanmaktadır. Beyaz çürüklük mantarları tüm odun bileşenlerini tahrip ve metabolize etme yeteneğine sahiptir. Araştırmalara göre, enzimatik kapasiteleri değişiklik gösteren farklı beyaz çürüklük mantarları hücre çeperi bileşenlerini değişik oranda degrade etmektedir. II. tip beyaz çürüklük mantarları tüm bileşenleri aynı oranda tahrip ederken, I. tipte olanlar öncelikle lignini daha hızlı biçimde bozundurmaktadır. Geriye kalan odun beyaz renkte ve lifli bir hal almaktadır (Şekil 19) [75].



Şekil 19. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli tamamen misellerle sarılmış ladin tel direğinde tespit edilen beyaz çürüklük

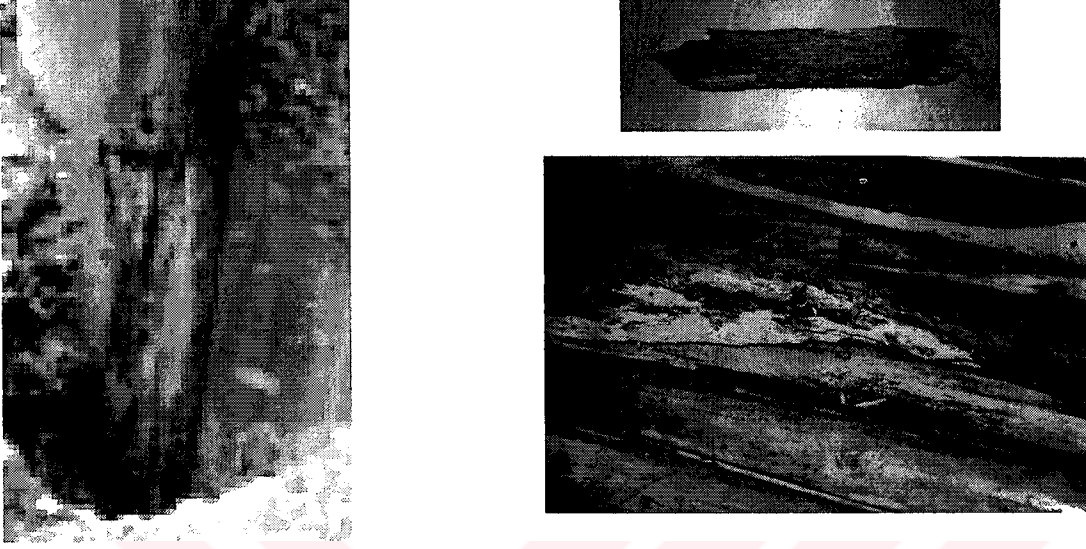
Esmer çürüklük mantarları öncelikle hücre çeperi karbonhidratlarını degradesyona uğratmaktadır. Geriye modifiye edilmiş lignin kalmaktadır. Çürüklüğün erken aşamasında hemiselülozlar selülozdan daha hızlı bir şekilde tüketilmektedir. Esmer çürüklük, çürümenin daha erken aşamalarında sekonder çeperdeki karbonhidratların yoğun bir şekilde tahrip edilmesiyle beyaz çürüklükten farklılaşmaktadır (Şekil 20) [75].



Şekil 20. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinin toprak zonunda tespit edilen esmer çürüklük

Yumuşak çürüklük mantarlarının hücre çeperi bileşenlerinde yaptığı tahribat dikkate değer ölçüde bir çeşitlilik göstermektedir. Bir çok yumuşak çürüklük mantarının temel hedefi odun karbonhidratlarıdır. Lignin sınırlı miktarda tahrip edilir ve bu anlamda esmer çürüklük tahribatını andırırlar. Fakat, diğer bazı yumuşak çürüklük mantarları beyaz çürüklük mantarlarına benzer şekilde, iğne yapraklı ağaçlardaki lignini karbonhidratlardan daha fazla miktarda tahrip etmektedir. Yumuşak çürüklük mantarlarının birçoğu birkaç istisna olmakla birlikte, selüloz birimlerini hemiselüloz birimlerinden daha hızlı bir oranda bozundurmaktadır. Yumuşak çürüklük mantarı ise selülozun kristal zonunu degrade edebilme yeteneğine sahiptir. Sekonder çeperin S<sub>2</sub> tabakasında meydana getirilen karakteristik oyuklar bunun göstergesidir. Yumuşak çürüklüğün geniş bir tanımı, hücre çeperi bileşenlerinin mikro mantarlar tarafından degradasyonuna uğratılması olarak kabul edilmektedir [75]. Yumuşak çürüklük genellikle tel direklerin yüzeyinde ve toprak zonunda tespit edilmiştir.

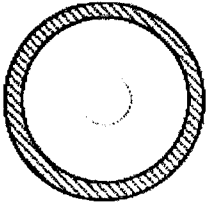
Bu çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde yaygın olarak tespit edilen çürüklüklerin genellikle direklerin toprakla temas halindeki toprak zonunda ve direklerde bulunan çatlak bölgelerde olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Kullanımda ve atıl olarak TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinin toprak zonunda tespit edilen yumuşak çürüklük

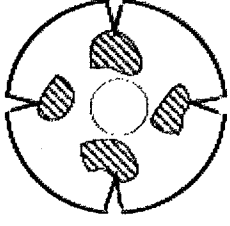
Yapılan incelemeler sonucunda tel direklerinin enine kesitinde yaygın olarak tespit edilen çürüklük modelleri aşağıda verilmektedir.

1. Yüzeysel çürüklük: Genellikle çürüklüğün yeni başladığı, ilk aşamasında görülen veya aşırı rutubete maruz kalan tel direklerinin yüzeylerinde meydana gelen yumuşak çürüklük sonucu görülen modeldir (Şekil 22).



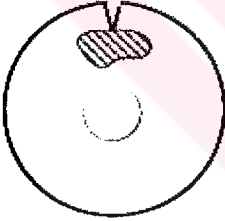
Şekil 22: Tel direklerinde tespit edilen yüzeysel çürüklük tipi

2. Küçük çürüklük zonları: Genellikle tel direklerinin yüzeylerinde bulunan çatlak ve yarıklardan mantar misellerinin direğin iç kısımlarına girmesiyle emprenyesiz kısımlarda küçük çürüklük bölgelerinin oluşturulmasıdır (Şekil 23).



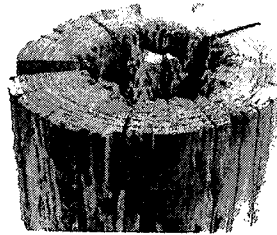
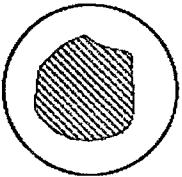
Şekil 23. Tel direklerinde tespit edilen küçük çürüklük zonları

3. Büyük çürüklük zonları: Bu tip çürüklük modelinde de mantar miselleri tel direklerinin yüzeylerinde bulunan derin çatlaklardan girerek emprenyesiz kısımlarda çürüklük bölgesi oluşturmaktadır. 2 nolu maddede açıklanan çürüklük modeli tipinin ilerlemiş aşamasıdır (Şekil 24).



Şekil 24. Tel direklerinde tespit edilen büyük çürüklük zonları

4. Oyuk tipi çürüklük: Tel direklerinin emprenye edilmesinden önce mantar misellerinin direklerin iç kısımlarına girmesi ve uygun ortam olduğunda bu iç kısımları çürütmesiyle büyük oyuklar oluşmaktadır. Diğer yandan, tel direklerinin uç kısımlarının aşırı yağış ve güneşe maruz kalmasından dolayı da bu tip çürüklük yapısına tel direklerinin uç kısımlarında da tespit edilmiştir (Şekil 25).

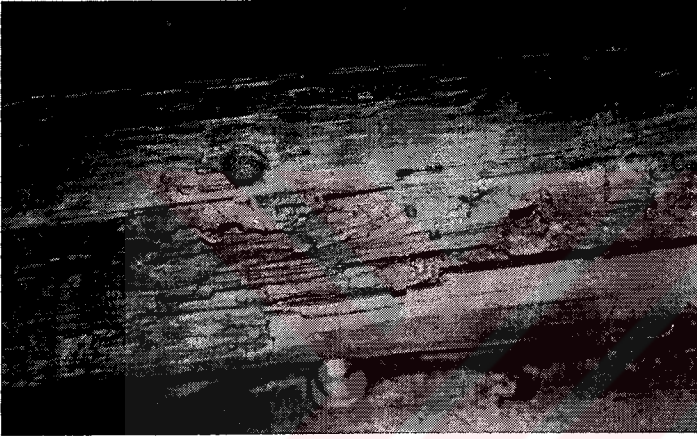


Şekil 25. Tel direklerinde tespit edilen oyuk tipi çürüklük



Gerek kullanımda bulunan gerekse atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinde tespit edilen diğer tahribat ve kusurlar aşağıdaki gibi ele alınabilmektedir.

1. Böcek tahribatı: Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda kullanımda bulunan tel direklerinde böcek tahribatının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. Böcek tahribatı genellikle direklerin emprenye işlemine hazırlanması sırasında dış kabuk ve kambiyum tabakasının uzaklaştırılması işleminin tam olarak yapılmadığı direklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte; mantar tahribatına uğramış tel direklerinde böcek tahribatının yoğun olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, atıl haldeki depolarda bekletilen tel direklerinde böcek tahribatının aşırı seviyede olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Yoğun bir şekilde böcek tahribatına uğramış tel direği

2. Yakılma: Kullanımda bulunan tel direklerinde görülen tahribatların biriside tel direklerinin dibinde yakılan ateşten kaynaklanmaktadır. Özellikle şehir merkezi dışındaki direklerde bu tahribat sıkça gözlemlenmiştir (Şekil 27). Yakılan ateş sonucu tel direklerinin toprak zonunda özellikle tel direklerinin emprenyeli dış kısmında büyük hasar oluşmakta buda mantar ve böcek zararlıların tel direğini tahrip etmelerini kolaylaştırmaktadır.



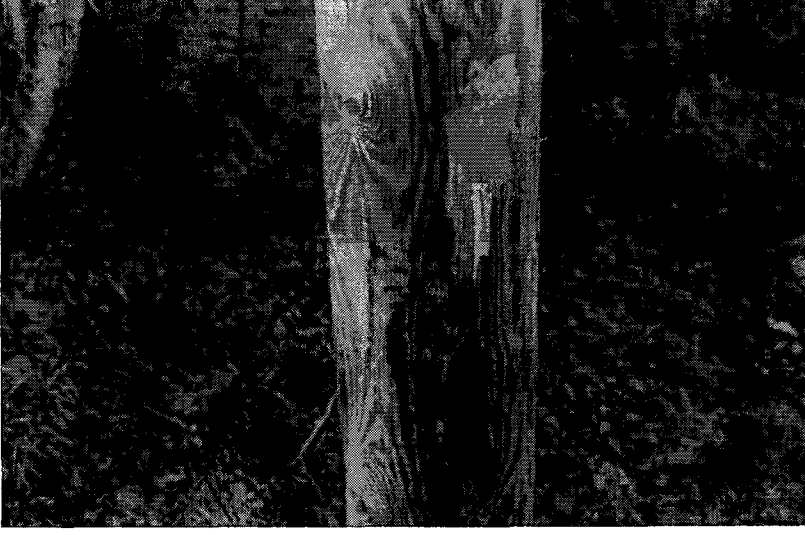
Şekil 27. Yakılan ateş sonucu tel direğinde meydana gelen tahribat

3. Tel direklerinde derin çatlak ve yarıklar: Kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde belirlenen kusurlardan biriside derin çatlak ve yarıklardır. Bu çalışma kapsamında incelenen tel direklerin %60-70'inde derin çatlaklar tespit edilmiştir (Şekil 28). Özellikle, toprak zonuna yakın kısımlardaki çatlaklar, tel direklerinin çürümeye en hassas olan bu kısımlarına mantar misellerinin girmesini kolaylaştırmakta ve tel direklerinin çürümelerine neden olarak beklenen kullanım süresinden daha kısa sürede atıl hale gelmelerine neden olmaktadır.



Şekil 28. Tel direklerinde tespit edilen çatlak ve yarıklar

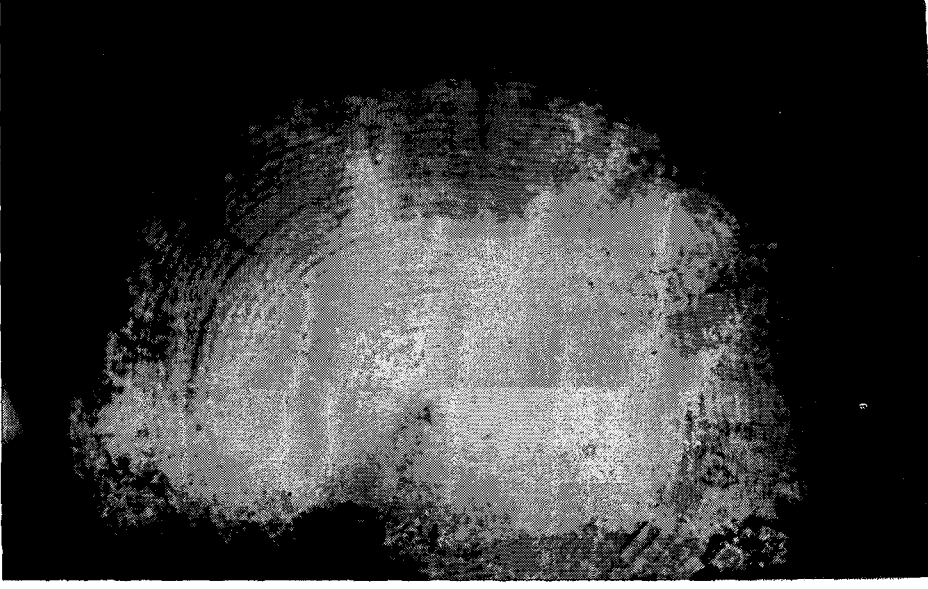
Tel direklerinde tespit edilen derin çatlaklar ve yarıkların oluşmasının iki önemli nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tel direklerinin emprenyesi sırasında uygulanan basıncın hızla yükseltilmesi tel direklerinde çatlaklara neden olmaktadır. Diğer neden ise, emprenye işleminden sonra yüksek rutubete sahip tel direklerinin aşırı rutubet kaybetmesidir. Bu durum çatlakların oluşmasına sebep vermektedir. Ayrıca, tel direklerinin kullanım yerlerinde aşırı yağış ve güneşe maruz kalmalarının bu çatlakları oluşturduğu düşünülmektedir. Tel direklerine insanlar tarafından verilen hasarlar da tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden daha kısa olmasına neden olmaktadır (Şekil 29).



Şekil 29. Tel direklerinde tespit edilen insanların neden olduğu kusurlar

4. Tel direklerinde gerçekleştirilen işlemler: TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanıma hazır CCA ile emprenyeli tel direklerinde yapılan incelemelerde, tel direklerindeki elektrik aksamlarının takılması için gerekli olan delikler açılmadığı tespit edilmiştir. Bu deliklerin emprenye işleminden sonra açılması nedeniyle, emprenyesiz kısımlar açığa çıkmaktadır. Bu açılan delikler mantar misellerinin ve böcek zararlılarının kolayca direklerin emprenyesiz iç kısımlarına ulaşmasına ve böylece tel direklerinin tahrip edilmesine neden olmaktadır (Şekil 30).

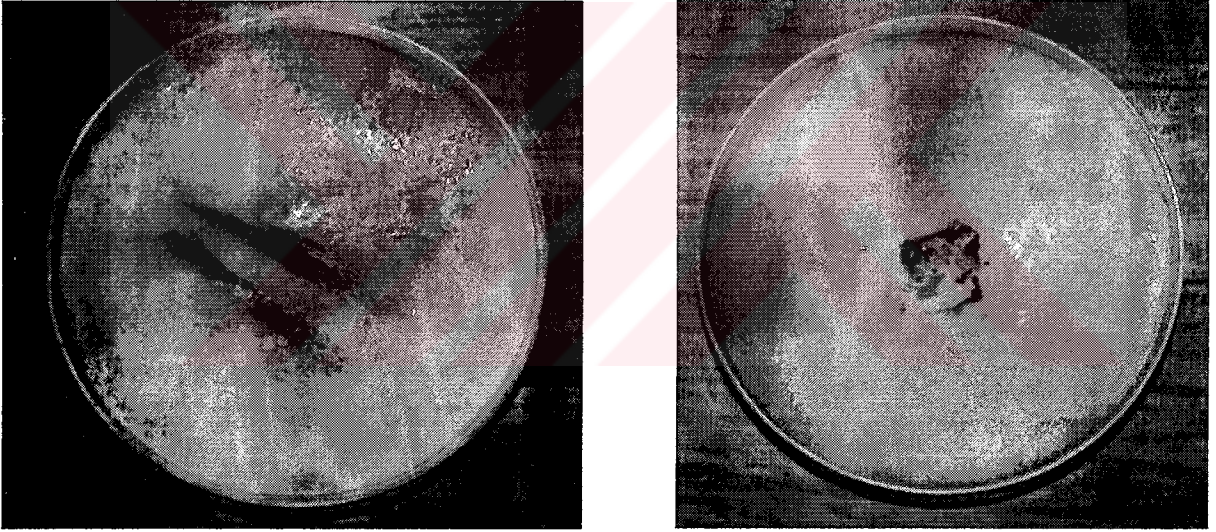
5. Emprenye maddesinin nüfuz derinliği: Gerek kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinden artım burgusuyla alınan örneklerden gerekse TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanılmamış ve atıl haldeki tel direklerinden alınan örneklerde emprenye maddesinin nüfuz derinliği incelenmiştir. Çam tel direklerinden alınan örneklerde nüfuz derinliği 1 ile 8 cm arasında değişirken, ladin ve göknar tel direklerinden alınan örneklerde nüfuz derinliğinin 0.3-2 cm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. CCA ile emprenyeli ladin tel direğinin enine kesiti

### 3.6. Mantar Türlerinin İzolasyonu ve Teşhisi

Bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesinde CCA ile emprenyeli tel direklerine arız olan mantar türlerini belirlemek amacıyla, mantar tahribatına uğramış hizmetteki tel direklerinden ve kullanım süresini tamamlamış atıl haldeki TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerinden temin edilen örnekler alkol ile sterilize edilerek %2 oranında agar ve %1.5 oranında malt ekstrakt içeren besin ortamında  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ve %65 bağıl nem sağlayan inkübasyon dolabına yerleştirilerek gelişme karakteristikleri incelenmiştir (Şekil 31). Daha sonra, Basidiomycetes ve mikro mantarları ayırmak amacıyla %1.25 malt ekstrakt, %1.5 agar ve 4 mg benomyl 1 litre suda karıştırılarak hazırlanan besin ortamında alt kültüre alınarak tür teşhisleri yapılmaya çalışılmıştır.

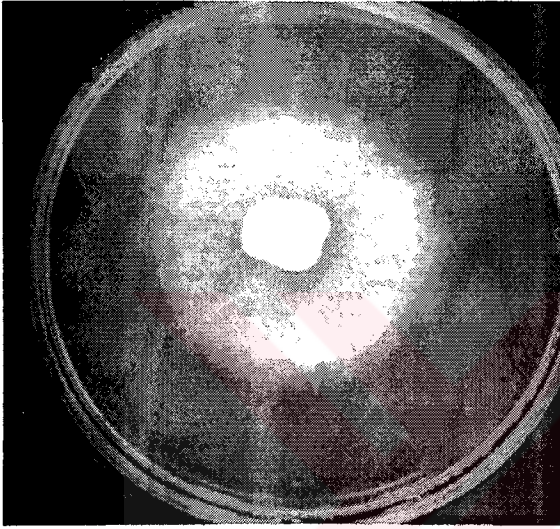


Şekil 31. CCA ile emprenyeli tel direklerinden alınan örneklerin malt-agar besin ortamındaki mantar misellerinin gelişimi

Teşhisi yapılan mantar türleri aşağıda sıralanmaktadır.

*Antrodia carbonica*

Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında iki hafta içerisinde 60-80mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 32). Beyaz renkli olup, nadiren aşılamanın çevresinde soluk krem rengi görülebilmektedir. Büyüme hızı orta seviyededir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 20-30mm çapında büyüme gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında gelişme gözlemlenmemiştir.



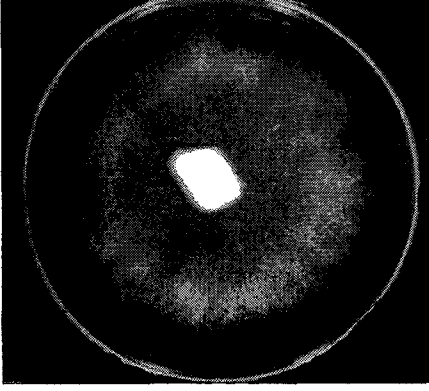
Şekil 32. CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Antrodia carbonica* mantarı

*Antrodia carbonica* mantarı malt-ekstrakt-agar besin ortamında gelişimiyle izole edilmiştir. Genellikle iğne yapraklı ağaçlara arız olup, esmer çürüklük yapmaktadır. Ayrıca, bakıra karşı toleranslı mantarlar arasında da gösterilmektedir.

*Gloeophyllum spp*

Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında iki hafta içerisinde 70-85mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 33). Miseller beyaz renkli olup, nadiren aşılamanın çevresinde sarı rengi gözlemlenmiştir. Besin ortamını tamamen kapladıktan sonra kremi sarı renge dönüşmüştür. Büyüme hızı, oldukça hızlı gerçekleşmiştir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 15-25mm çapında büyüme

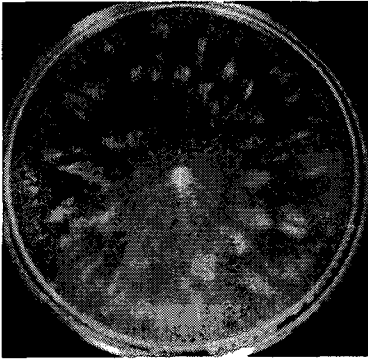
gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında gelişme gözlemlenmemiştir. Genellikle iğne yapraklı ağaçlara arız olup, esmer çürüklüğe neden olmaktadır.



Şekil 33. CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Gleoophyllum spp* mantarı

#### *Phlebia spp.*

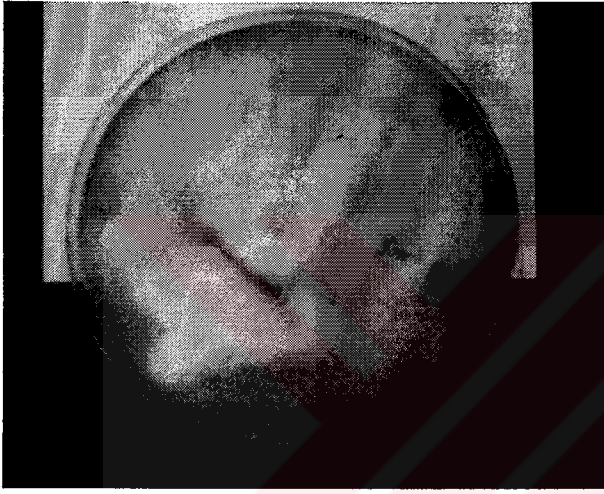
Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında bir hafta içerisinde 80-90mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 34). Misellerin beyaz veya açık sarı renkli olduğu gözlemlenmiştir. Büyüme hızı çok hızlı gerçekleşmiştir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 60-70mm çapında büyüme gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında ise 15-25mm çapında gelişme gözlemlenmiştir. Genellikle beyaz çürüklüğe neden olmaktadır.



Şekil 34. CCA ile emprenyeli ladin tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Phlebia spp.* mantarı

### *Postia placenta*

Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında iki hafta içerisinde 80-90mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 35). Misellerin beyaz veya açık sarı renkli olduğu gözlemlenmiştir. Besin ortamını tamamen kapladıktan sonra kremi sarımsı renkli, yünsü ve pamuksu bir yapıya dönüşmüştür. Büyüme hızı oldukça hızlı gerçekleşmiştir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 30-50mm çapında büyüme gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında ise 10-15mm çapında gelişme gözlemlenmiştir. *Postia placenta* mantarı esmer çürüklüğe neden olmaktadır.

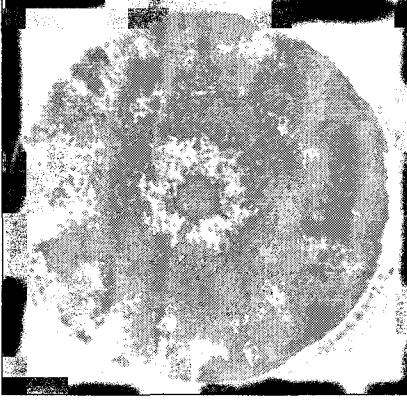


Şekil 35. CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Postia placenta* mantarı

### *Trametes versicolor*

Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında 7-10 gün içerisinde 85-90mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 36). Misellerin beyaz renkli olduğu gözlemlenmiştir. Besin ortamını tamamen kapladıktan sonra krem renkli ve pamuksu bir yapıya dönüşmüştür. Büyüme hızı, çok hızlı gerçekleşmiştir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 40-50mm çapında büyüme gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında ise 20-35mm çapında gelişme gözlemlenmiştir. *Trametes versicolor* mantarı beyaz çürüklüğe neden olmaktadır.

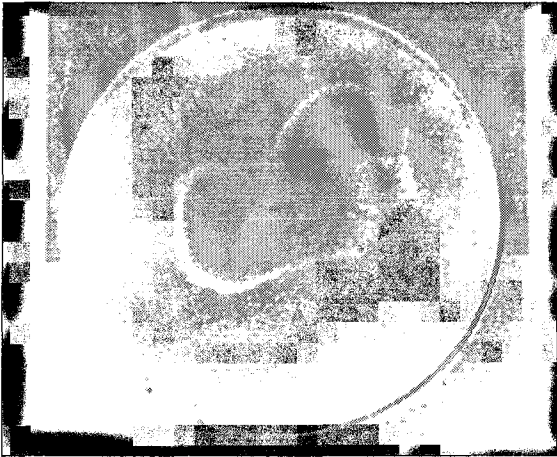




Şekil 36. CCA ile emprenyeli tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Trametes versicolor* mantarı

#### *Pleurotus ostreatus*

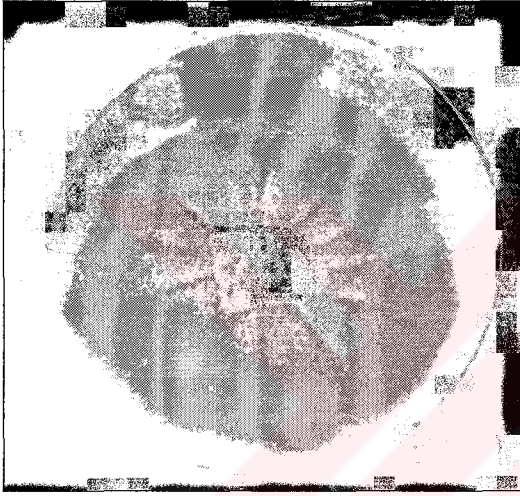
Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında iki hafta içerisinde 85-90mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 37). Misellerin beyaz renkli ve yoğun bir doku yapısı oluşturduğu gözlemlenmiştir. Besin ortamını tamamen kapladıktan sonra beyaz renkli, ve pamuksu bir yapıya dönüşmüştür. Büyüme hızı oldukça hızlı gerçekleşmiştir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 25-40mm çapında büyüme gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında ise 15-25mm çapında gelişme gözlemlenmiştir. *Pleurotus ostreatus* mantarı beyaz çürüklüğe neden olmaktadır.



Şekil 37. CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Pleurotus ostreatus* mantarı

*Coniophora puteana*

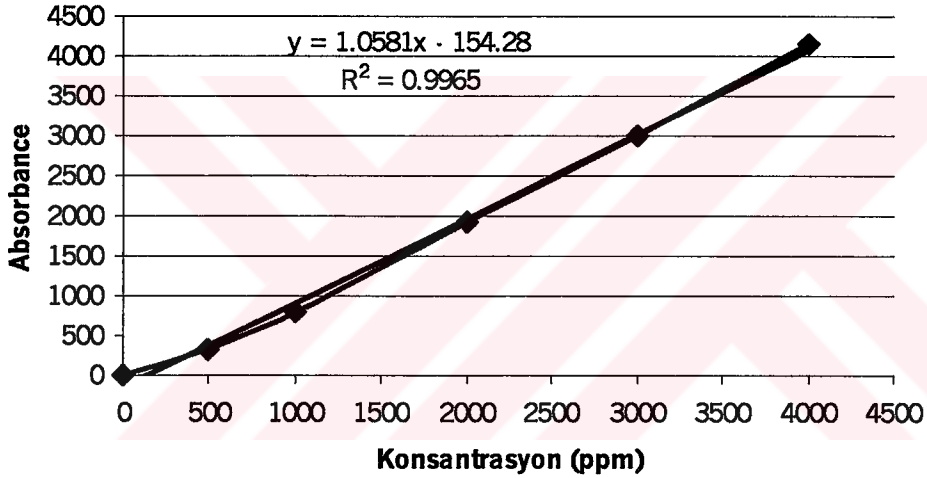
Gelişim karakteristikleri: Malt-ekstrakt-agar besin ortamında 10 gün içerisinde 60-75 mm çapında gelişim göstermiştir (Şekil 38). Misellerin beyaz veya açık sarı renkli olduğu gözlemlenmiştir. Besin ortamını tamamen kapladıktan sonra krem-sarımsı renkli, yünsü ve pamuksu bir yapıya dönüşmüştür. Büyüme hızı, oldukça hızlı gerçekleşmiştir. Malt-agar-gallik besin ortamında birinci haftanın sonunda 20-30mm çapında büyüme gösterirken, malt-agar-tannik besin ortamında ise gelişme gözlemlenmemiştir. *Coniophora puteana* mantarı esmer çürüklüğe neden olmaktadır.



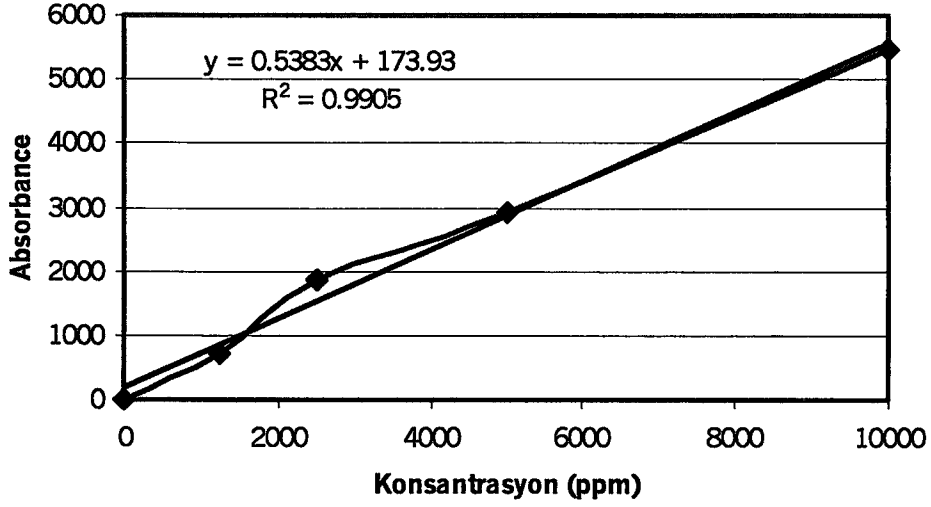
Şekil 38. CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinden izole ve teşhis edilen *Coniophora puteana* mantarı

### 3.7. Bakır, Krom ve Arsenik Miktarlarının Tayini

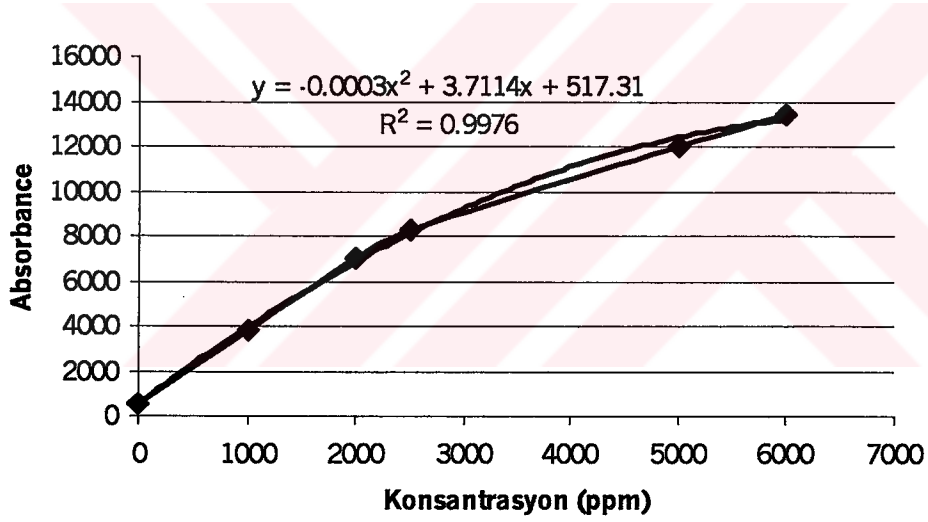
Herhangi bir işleme tabi tutulmamış CCA ile emprenyeli odun örneklerinde (kontrol) ve farklı kimyasal maddelerle remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerindeki bakır, krom ve arsenik miktarlarını belirlemek amacıyla, saf selüloz ile ppm bazında bilinen konsantrasyonlarda bakır, krom ve arsenik maddeleri karıştırılarak tabletler hazırlanmış ve X-RF' dan elde edilen pik alanları belirlenmiştir. Bilinen konsantrasyonlara karşılık elde edilen absorbans (pik altında kalan alan) sayesinde remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerindeki bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiştir (Şekil 39-41).



Şekil 39. Standart bakır konsantrasyon absorbans eğrisi



Şekil 40. Standart krom konsantrasyon absorbands eğrisi



Şekil 41. Standart arsenik konsantrasyon absorbands eğrisi

Bu çalışma kapsamında X-RF cihazıyla elde edilen absorbands miktarları yukarıda her bir metal için belirlenen formül ile bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları belirlenmiştir.

$$\text{Bakır konsantrasyonu (ppm)} = 1.0581x - 154.28$$

$$\text{Krom konsantrasyonu (ppm)} = 0.5383x + 173.93$$

$$\text{Arsenik konsantrasyonu (ppm)} = -0.0003x^2 + 3.7114x + 517.31$$

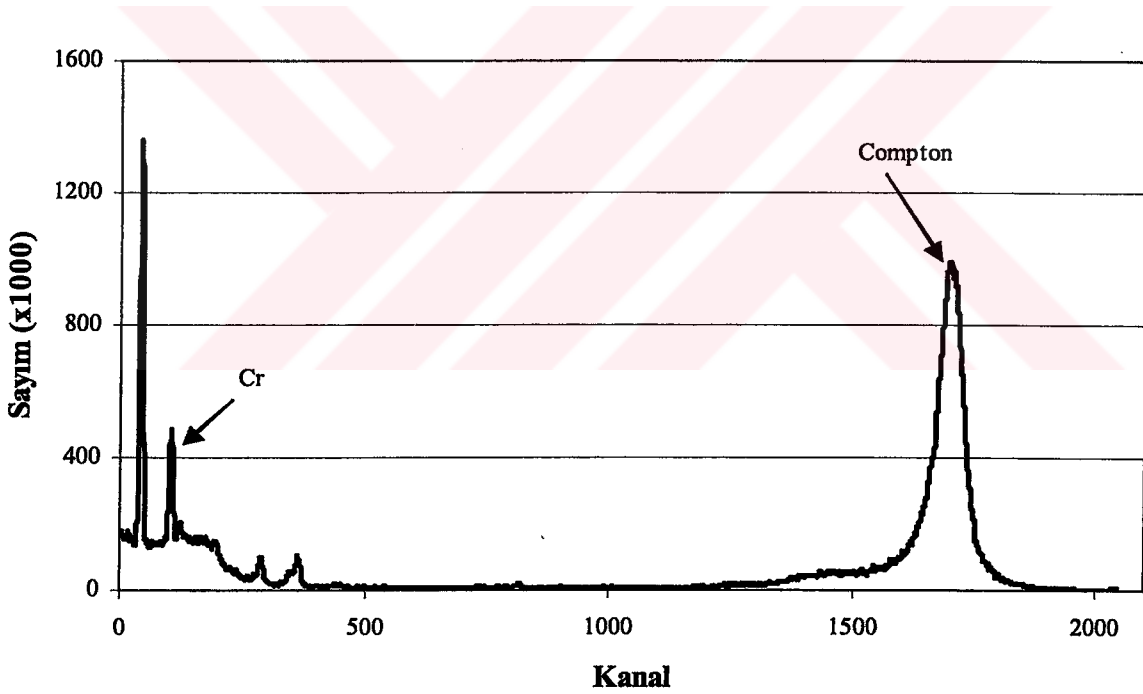
Burada, x: bakır, krom ve arsenik miktarlarının ölçülen absorbans değerleridir.

Herhangi bir remidasyon işlemine tabi tutulmamış (kontrol) CCA ile emrenyeli odun örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları Tablo 17' de verilmektedir.

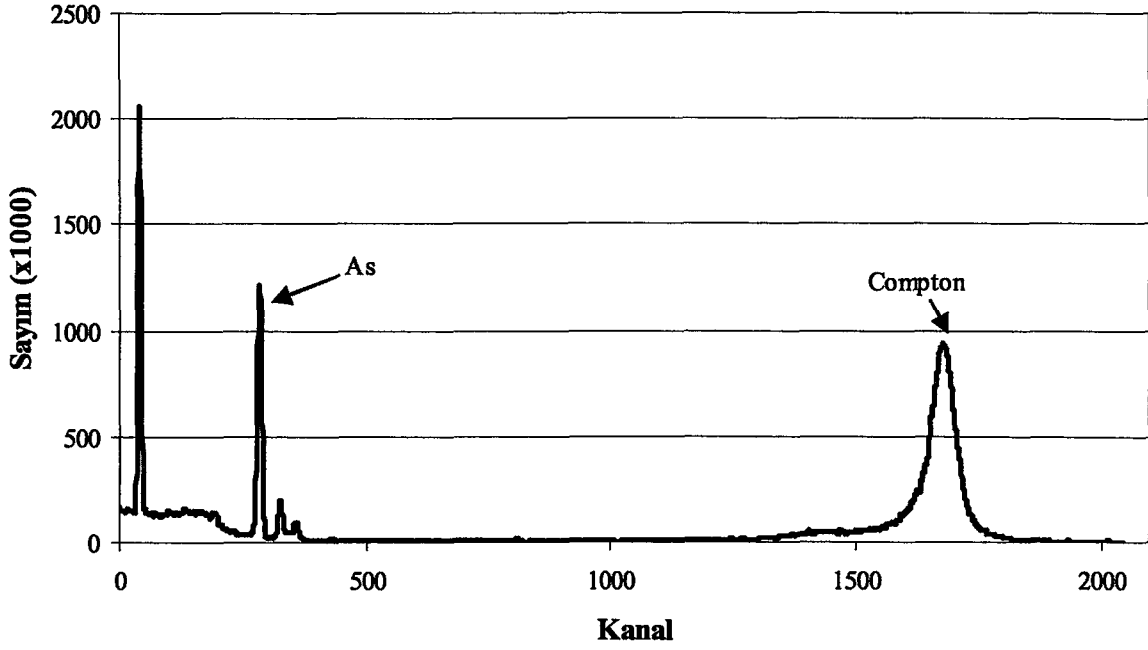
Tablo 17. Kontrol örneklerinde elde edilen bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları (ppm)

Bakır konsantrasyonu (ppm)		Krom konsantrasyonu (ppm)		Arsenik konsantrasyonu (ppm)	
Ortalama	Std	Ortalama	Std	Ortalama	Std
2798.40	33.16	4742.00	47.27	4255.20	39.67

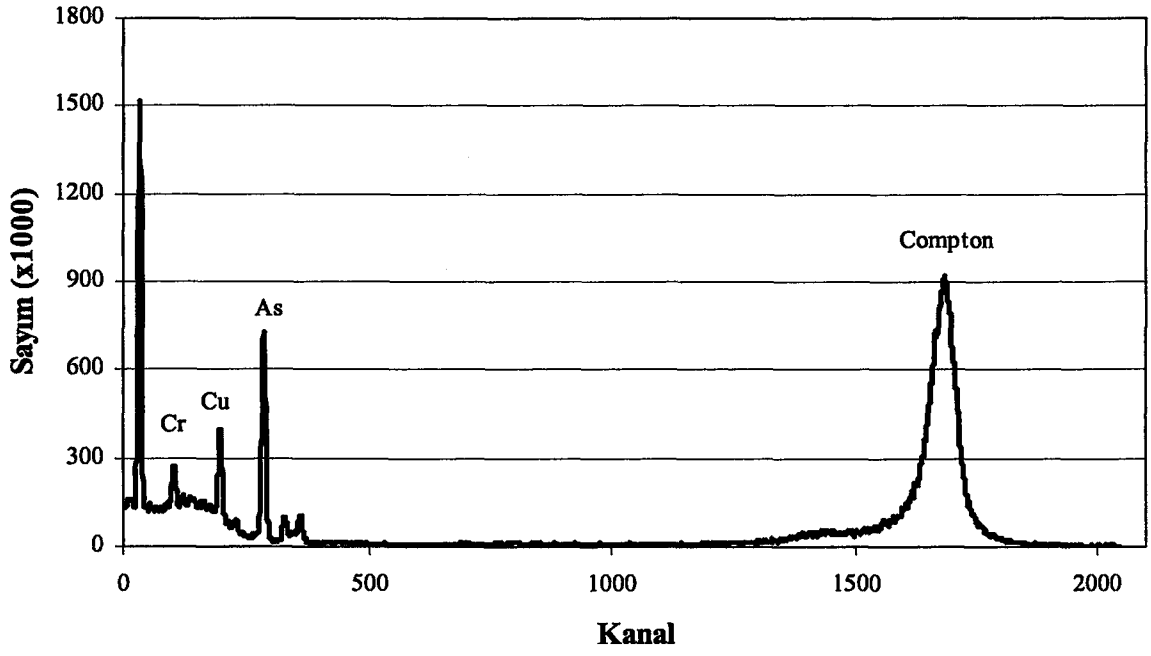
Standart krom, arsenik, CCA ile emrenyeli odun ve toprak örneğine ait XRF spektrometrisi Şekil 42-45'de verilmektedir.



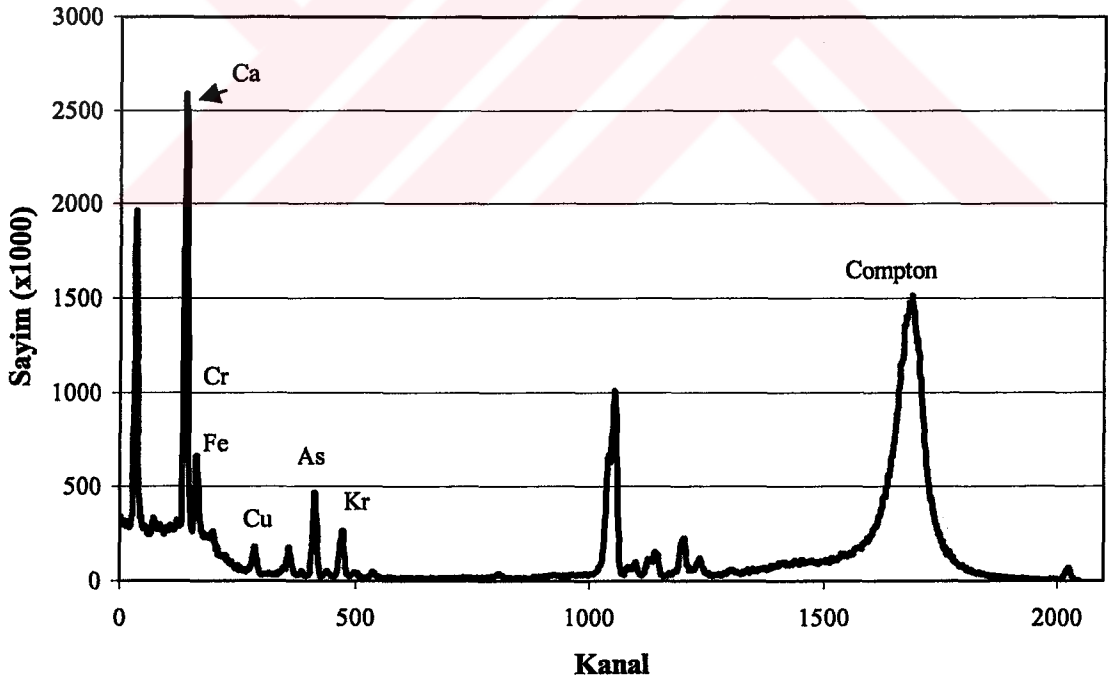
Şekil 42. Standart krom konsantrasyonunu belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri



Şekil 43. Standart arsenik konsantrasyonunu belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri



Şekil 44. CCA emprenyeli odun örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri



Şekil 45. Toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla XRF cihazından elde edilen spektrometri

### 3.8. Remidasyon İşlemine İlişkin Bulgular

#### 3.8.1. Fosforik Asit

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri dört farklı pH seviyesine ayarlanmış fosforik asit ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 18' de verilmiştir.

Tablo 18. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	PH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2cm	2.00	1	828.50	43.13	1825.50	33.23	893.50	60.10
		3	126.00	19.80	1112.50	36.06	149.00	29.70
		7	234.50	31.82	474.50	67.18	295.00	39.60
		14	439.00	39.60	633.50	31.82	400.00	15.56
	2.50	1	877.50	61.52	2017.00	24.04	978.00	31.11
		3	196.50	19.09	1332.50	30.41	270.00	26.87
		7	339.00	36.77	695.00	22.63	399.00	16.97
		14	453.00	11.31	748.00	21.21	455.00	45.25
	3.50	1	1544.00	52.33	2479.00	31.11	1524.00	43.84
		3	777.00	32.53	1869.00	39.60	836.00	49.50
		7	422.00	15.56	1325.00	36.77	466.50	31.82
		14	421.00	28.28	939.00	39.60	475.00	32.53
5.00	1	1968.50	13.44	3837.00	41.01	2172.00	41.01	
	3	1077.00	48.08	3503.50	38.89	1488.50	60.10	
	7	732.00	12.73	2979.00	31.11	1200.00	15.56	
	14	633.00	42.43	2852.00	55.15	1159.00	4.24	
5X5X5cm	2.00	1	1338.50	40.31	2283.50	23.33	1393.50	24.75
		3	794.00	24.04	1704.00	38.18	361.50	30.41
		7	643.00	39.60	933.50	47.38	511.50	31.82
		14	785.00	22.63	1005.00	11.31	727.50	23.33
	2.50	1	1490.00	29.70	2486.00	21.21	1561.00	53.74
		3	955.00	36.77	2047.00	56.57	528.00	24.04
		7	690.50	13.44	1224.50	28.99	643.50	31.82
		14	846.00	7.07	1293.00	14.14	843.50	40.31
	3.50	1	1941.50	43.13	2868.50	45.96	2292.00	26.87
		3	1254.50	33.23	2354.50	61.52	1673.00	25.46
		7	870.00	41.01	1899.00	32.53	1303.00	28.28
		14	882.00	41.01	1722.00	29.70	920.50	24.75
5.00	1	2610.50	17.68	4355.00	45.25	2880.50	27.58	
	3	1891.50	27.58	3984.00	22.63	2231.50	62.93	
	7	1410.00	15.56	3676.50	33.23	1738.00	38.18	
	14	1209.00	33.94	3539.50	54.45	1690.50	14.85	
5X5X10cm	2.00	1	1667.00	62.23	2808.00	26.87	1857.50	55.86
		3	1298.00	41.01	2109.00	31.11	815.50	21.92
		7	864.50	19.09	1265.50	48.79	836.00	35.36
		14	911.50	16.26	1339.00	59.40	917.00	28.28
	2.50	1	1955.00	47.38	3049.50	65.76	2111.00	14.14
		3	1553.00	62.23	2554.00	62.23	911.50	16.26
		7	885.00	21.21	1696.50	36.06	939.50	38.89
		14	952.00	29.70	1754.50	33.23	940.00	9.90
	3.50	1	2377.50	33.23	3517.00	28.28	2948.50	53.03
		3	1756.00	46.67	2837.00	19.80	2470.50	41.72
		7	1287.50	47.38	2282.00	26.87	1623.50	34.65
		14	1025.00	31.11	1874.00	25.46	1072.00	12.73
5.00	1	2614.50	33.23	4605.50	7.78	3873.50	37.48	
	3	2172.00	55.15	4385.50	20.51	3277.50	45.96	
	7	1733.50	31.82	3972.00	41.01	2780.50	27.58	
	14	1431.50	65.76	3779.00	45.25	2378.00	32.53	



Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi (ÇVA) yapılmış ve sonuçlar Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo19. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	Bakır	11529003.146	2	5764501.573	4262.929	***
	Krom	14561706.438	2	7280853.219	4883.781	***
	Arsenik	17206927.646	2	8603463.823	6919.270	***
PH	Bakır	9107989.865	3	3035996.622	2245.162	***
	Krom	78155930.698	3	26051976.899	17474.897	***
	Arsenik	32817578.948	3	10939192.983	8797.763	***
Süre	Bakır	13849762.615	3	4616587.538	3414.031	***
	Krom	23630854.531	3	7876951.510	5283.627	***
	Arsenik	16631563.031	3	5543854.344	4458.603	***
Boyut * PH	Bakır	143508.104	6	23918.017	17.688	***
	Krom	143066.896	6	23844.483	15.994	***
	Arsenik	2453491.771	6	408915.295	328.867	***
Boyut * Süre	Bakır	663608.604	6	110601.434	81.791	***
	Krom	112555.563	6	18759.260	12.583	***
	Arsenik	903988.438	6	150664.740	121.171	***
PH * Süre	Bakır	1349278.177	9	149919.797	110.868	***
	Krom	1168693.177	9	129854.797	87.103	***
	Arsenik	2833264.677	9	314807.186	253.181	***
Boyut * PH * Süre	Bakır	382117.479	18	21228.749	15.699	***
	Krom	210614.104	18	11700.784	7.849	***
	Arsenik	404860.479	18	22492.249	18.089	***
Hata	Bakır	64907.500	48	1352.240		
	Krom	71559.500	48	1490.823		
	Arsenik	59683.500	48	1243.406		
Toplam	Bakır	163882331.000	96			
	Krom	620623333.000	96			
	Arsenik	245107889.000	96			

Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarına etkisi % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Fosforik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2cm	691.78	A	1788,88	A	822,53	A
5x5x5cm	1225.69	B	2335.97	B	1331.19	B
5x5x10cm	1530.25	C	2739.25	C	1859.50	C

Fosforik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Fosforik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH’nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2.00	827.46	A	1457.79	A	763.13	A
2.50	932.75	B	1741.46	B	881.67	B
3.50	1213.17	C	2163.83	C	1467.04	C
5.00	1623.58	D	3789.04	D	2239.13	D

Fosforik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunduğu belirlenmiştir.

Fosforik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	1767.79	A	3010.96	A	2040.42	A
3	1154.21	B	2482.71	B	1251.04	B
7	842.63	C	1868.58	C	1061.33	C
14	832.33	C	1789.88	D	998.17	D

Fosforik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, bakırın uzaklaştırılmasında 1,3,7. günler arasında istatistiksel olarak fark olmasına karşın, 7. ve 14. günler arasında herhangi bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 23'de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden fosforik asit ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=2.00 seviyesinin en etkin olduğu ve pH'nın azalmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarının önemli oranda arttığı belirlenmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 3.günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın % 95.50'i, arseniğin % 96.50'si ve 7.günün sonunda kromun %89.99'u uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 7.günün sonunda bakırın % 77.01'i, kromun % 80.31'i ve 3.günün sonunda arseniğin % 91.51'i uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 7.günün sonunda bakırın %69.09'u, kromun %73.31'i ve arseniğinin %80.84'ü uzaklaştırılabildiği (Tablo 23).

Tablo 23. Fosforik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzeysel alan/ hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	2.00	1	70.38	61.50	79.01
	3.00	2.00	3	95.50	76.54	96.50
	3.00	2.00	7	91.62	89.99	93.07
	3.00	2.00	14	84.30	86.64	90.60
	3.00	2.50	1	68.63	57.47	77.02
	3.00	2.50	3	92.97	71.90	93.66
	3.00	2.50	7	87.88	85.34	90.63
	3.00	2.50	14	83.80	84.23	89.31
	3.00	3.50	1	44.80	47.72	64.19
	3.00	3.50	3	72.22	60.59	80.36
	3.00	3.50	7	84.91	72.06	89.04
	3.00	3.50	14	84.95	80.20	88.84
	3.00	5.00	1	29.62	19.08	48.97
	3.00	5.00	3	61.49	26.12	65.03
	3.00	5.00	7	73.83	37.18	71.80
	3.00	5.00	14	77.37	39.86	72.77
5x5x5 cm	1.20	2.00	1	52.15	51.85	67.26
	1.20	2.00	3	71.61	64.07	91.51
	1.20	2.00	7	77.01	80.31	87.98
	1.20	2.00	14	71.93	78.81	82.91
	1.20	2.50	1	46.73	47.57	63.32
	1.20	2.50	3	65.86	56.83	87.59
	1.20	2.50	7	75.31	74.18	84.88
	1.20	2.50	14	69.75	72.73	80.18
	1.20	3.50	1	30.59	39.51	46.15
	1.20	3.50	3	55.15	50.35	60.69
	1.20	3.50	7	68.90	59.95	69.38
	1.20	3.50	14	68.47	63.69	78.37
	1.20	5.00	1	6.67	8.16	32.32
	1.20	5.00	3	32.37	15.98	47.57
	1.20	5.00	7	49.59	22.47	59.16
	1.20	5.00	14	56.78	25.36	60.28
5x5x10 cm	0.83	2.00	1	40.40	40.78	56.36
	0.83	2.00	3	53.59	55.53	80.84
	0.83	2.00	7	69.09	73.31	80.36
	0.83	2.00	14	67.41	71.76	78.45
	0.83	2.50	1	30.10	35.69	50.40
	0.83	2.50	3	44.48	46.14	78.58
	0.83	2.50	7	68.36	64.22	77.93
	0.83	2.50	14	65.96	63.00	77.91
	0.83	3.50	1	15.00	25.83	30.72
	0.83	3.50	3	37.22	40.17	41.95
	0.83	3.50	7	53.97	51.88	61.85
	0.83	3.50	14	63.35	60.48	74.81
	0.83	5.00	1	6.52	2.88	8.99
	0.83	5.00	3	22.35	7.52	22.99
	0.83	5.00	7	38.02	16.24	34.67
	0.83	5.00	14	48.82	20.31	44.13

### 3.8.2. Kromotropik Asit

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri dört farklı pH seviyesine ayarlanmış kromotropik asit ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılamayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 24' de verilmiştir.

Tablo 24. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	2.00	1	635.00	33.94	1040.50	54.45	738.50	17.68
		3	90.50	12.02	379.00	29.70	110.00	2.83
		7	164.50	10.61	394.50	31.82	220.00	18.38
		14	324.00	18.38	528.50	24.75	295.00	22.63
	2.50	1	777.50	79.90	1217.00	24.04	893.00	24.04
		3	161.50	16.26	650.00	14.14	243.00	14.14
		7	239.00	22.63	689.00	14.14	339.50	34.65
		14	420.50	34.65	728.00	7.07	432.00	35.36
	3.50	1	1289.00	25.46	2259.50	26.16	1494.00	14.14
		3	372.50	10.61	1426.00	36.77	735.00	49.50
		7	460.50	23.33	910.00	14.14	416.50	17.68
		14	522.50	30.41	1005.00	24.04	440.00	31.11
5.00	1	1930.00	14.14	3737.00	26.87	2051.50	58.69	
	3	1108.00	35.36	3309.50	33.23	1338.50	38.89	
	7	763.00	14.14	2672.50	38.89	1089.50	28.99	
	14	643.00	14.14	2697.00	33.94	1109.00	52.33	
5X5X5 cm	2.00	1	1113.50	19.09	1523.50	33.23	1295.00	41.01
		3	527.00	28.28	868.50	3.54	300.00	14.14
		7	583.00	31.11	923.50	19.09	306.50	38.89
		14	690.00	15.56	1015.00	39.60	520.00	26.87
	2.50	1	1334.50	33.23	1786.00	21.21	1515.00	21.21
		3	650.00	28.28	1037.50	41.72	487.50	24.75
		7	710.50	27.58	1130.00	22.63	513.50	40.31
		14	816.00	21.21	1200.00	24.04	811.00	29.70
	3.50	1	1651.50	57.28	2719.00	25.46	2276.50	47.38
		3	1044.50	33.23	2100.00	29.70	1587.50	24.75
		7	833.00	46.67	1600.00	31.11	905.00	7.07
		14	892.50	41.72	1697.00	36.77	934.00	22.63
5.00	1	2608.50	40.31	4284.00	22.63	2827.00	33.94	
	3	2046.50	36.06	3930.00	35.36	2094.00	101.82	
	7	1515.50	21.92	3482.00	25.46	1523.00	31.11	
	14	1301.50	44.55	3510.00	25.46	1605.50	36.06	
5X5X10 cm	2.00	1	1587.00	33.94	2078.00	43.84	1690.00	25.46
		3	811.50	16.26	1215.50	21.92	720.00	31.11
		7	864.50	33.23	1264.00	19.80	733.00	32.53
		14	961.50	40.31	1365.50	34.65	878.50	40.31
	2.50	1	1730.50	40.31	2340.00	52.33	1990.50	26.16
		3	847.50	17.68	1705.00	15.56	890.50	17.68
		7	887.50	31.82	1596.50	36.06	923.00	32.53
		14	942.50	28.99	1659.50	26.16	1051.00	21.21
	3.50	1	2187.50	33.23	3462.00	21.21	2853.50	17.68
		3	1601.00	31.11	2677.00	36.77	2279.00	39.60
		7	1242.50	30.41	1906.50	37.48	1532.00	32.53
		14	1040.00	32.53	1914.00	59.40	1012.00	15.56
	5.00	1	2659.50	16.26	4595.00	21.21	3631.50	16.26
		3	2442.00	43.84	4280.00	28.28	2997.50	45.96
		7	1873.50	38.89	3981.50	40.31	2585.50	34.65
		14	1556.50	26.16	4025.00	63.64	2308.00	46.67

Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 25' de verilmiştir.

Tablo 25. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	Bakır	11367430.583	2	5683715.292	5484.337	***
	Krom	16930655.583	2	8465327.792	8182.025	***
	Arsenik	16283675.688	2	8141837.844	6796.960	***
PH	Bakır	14856867.750	3	4952289.250	4778.568	***
	Krom	103122672.917	3	34374224.306	33223.849	***
	Arsenik	30197366.198	3	10065788.733	8403.111	***
Süre	Bakır	10076162.083	3	3358720.694	3240.900	***
	Krom	11441489.583	3	3813829.861	3686.195	***
	Arsenik	16314497.781	3	5438165.927	4539.884	***
Boyut * PH	Bakır	406594.250	6	67765.708	65.389	***
	Krom	204421.083	6	34070.181	32.930	***
	Arsenik	1872281.646	6	312046.941	260.503	***
Boyut * Süre	Bakır	262628.167	6	43771.361	42.236	***
	Krom	67661.917	6	11276.986	10.900	***
	Arsenik	744849.812	6	124141.635	103.636	***
PH * Süre	Bakır	1953610.667	9	217067.852	209.453	***
	Krom	2088078.333	9	232008.704	224.244	***
	Arsenik	2459787.094	9	273309.677	228.164	***
Boyut * PH * Süre	Bakır	406965.333	18	22609.185	21.816	***
	Krom	392510.417	18	21806.134	21.076	***
	Arsenik	407341.188	18	22630.066	18.892	***
Hata	Bakır	49745.000	48	1036.354		
	Krom	49662.000	48	1034.625		
	Arsenik	57497.500	48	1197.865		
Toplam	Bakır	149693092.000	96			
	Krom	522420160.000	96			
	Arsenik	215954337.000	96			

Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarına etkisi % 0.1, anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Kromotropik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2cm	618.81	A	1477.69	A	746.56	A
5x5x5cm	1144.88	B	2050.38	B	1218.81	B
5x5x10cm	1452.19	C	2504.06	C	1754.72	C

Kromotropik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Kromotropik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 27' de verilmiştir.

Tablo 27. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

PH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2.00	696.00	A	1049.67	A	650.54	A
2.50	793.13	B	1311.54	B	840.79	B
3.50	1094.75	C	1973.00	C	1372.08	C
5.00	1703.96	D	3708.63	D	2096.71	D

Kromotropik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Kromotropik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 28' de verilmiştir.

Tablo 28. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinde bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	1625.33	A	2586.79	A	1938.00	A
3	975.21	B	1964.83	B	1148.54	B
7	844.75	C	1778.71	C	949.67	C
14	842.54	C	1712.50	D	923.92	D

Kromotropik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, bakırın uzaklaştırılmasında 1,3,7. günler arasında istatistiksel olarak fark olmasına karşın, 7. ve 14. günler arasında herhangi bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 29' da verilmiştir.

CCA ile empenyeli odun örneklerinden kromotropik asit ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=2.00 seviyesinin en etkin olduğu ve pH'nın azalmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarının önemli oranda arttığı belirlenmiştir. 2x2x2cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 3.günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın % 96.76'sı, kromun % 92.01'i ve arseniğin % 97.42'si uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 3.günün sonunda bakırın % 81.16'sı, kromun % 81.68'i ve arseniğin % 92.95'i uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 3.günün sonunda bakırın % 70.19'u, kromun % 74.37'si ve arseniğinin % 83.08'i uzaklaştırılabilmektedir (Tablo 29).



Tablo 29. Kromotropik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/ hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	2.00	1	77.30	78.06	82.65
	3.00	2.00	3	96.76	92.01	97.42
	3.00	2.00	7	94.12	91.68	94.83
	3.00	2.00	14	88.42	88.85	93.07
	3.00	2.50	1	72.20	74.34	79.02
	3.00	2.50	3	94.23	86.29	94.29
	3.00	2.50	7	91.46	85.47	92.02
	3.00	2.50	14	84.97	84.65	89.85
	3.00	3.50	1	53.91	52.35	64.90
	3.00	3.50	3	86.68	69.93	82.73
	3.00	3.50	7	83.54	80.81	90.21
	3.00	3.50	14	81.32	78.81	89.66
	3.00	5.00	1	31.00	21.19	51.80
	3.00	5.00	3	60.39	30.21	68.55
	3.00	5.00	7	72.72	43.64	74.40
	3.00	5.00	14	77.01	43.13	73.94
5x5x5 cm	1.20	2.00	1	60.19	67.87	69.57
	1.20	2.00	3	81.16	81.68	92.95
	1.20	2.00	7	79.16	80.53	92.80
	1.20	2.00	14	75.33	78.60	87.78
	1.20	2.50	1	52.29	62.34	64.40
	1.20	2.50	3	76.76	78.12	88.55
	1.20	2.50	7	74.60	76.17	87.93
	1.20	2.50	14	70.83	74.69	80.94
	1.20	3.50	1	40.95	42.66	46.51
	1.20	3.50	3	62.66	55.71	62.70
	1.20	3.50	7	70.22	66.26	78.74
	1.20	3.50	14	68.09	64.21	78.05
	1.20	5.00	1	6.74	9.66	33.58
	1.20	5.00	3	26.83	17.12	50.80
	1.20	5.00	7	45.82	26.57	64.22
	1.20	5.00	14	53.47	25.98	62.28
5x5x10 cm	0.83	2.00	1	43.26	56.18	60.29
	0.83	2.00	3	70.99	74.37	83.08
	0.83	2.00	7	69.09	73.34	82.78
	0.83	2.00	14	65.62	71.20	79.36
	0.83	2.50	1	38.13	50.65	53.23
	0.83	2.50	3	69.70	64.04	79.08
	0.83	2.50	7	68.27	66.33	78.31
	0.83	2.50	14	66.30	65.00	75.31
	0.83	3.50	1	21.79	26.99	32.95
	0.83	3.50	3	42.76	43.55	46.45
	0.83	3.50	7	55.58	59.80	64.00
	0.83	3.50	14	62.82	59.64	76.22
	0.83	5.00	1	4.92	3.10	14.67
	0.83	5.00	3	12.69	9.74	29.57
	0.83	5.00	7	33.02	16.04	39.25
	0.83	5.00	14	44.35	15.12	45.77

### 3.8.3. Oksalik Asit

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri dört farklı pH seviyesine ayarlanmış oksalik asit ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılamayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 30' da verilmiştir.

Tablo 30. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2cm	2.00	1	2058.00	45.25	4067.00	43.84	2820.50	47.38
		3	614.50	21.92	3660.00	53.84	1481.50	31.82
		7	601.50	41.72	2876.00	66.47	1300.50	23.33
		14	560.00	50.91	2301.00	35.36	1375.50	50.20
	2.50	1	2037.00	28.28	4134.50	51.62	2894.50	54.45
		3	635.00	11.31	3678.50	31.82	1447.00	50.91
		7	543.00	42.43	2810.50	17.68	1222.50	16.26
		14	528.00	24.04	2271.00	31.11	1355.00	45.25
	3.50	1	2348.50	53.03	4332.00	46.67	3149.50	40.31
		3	949.50	37.48	4132.00	18.38	2380.00	12.73
		7	727.50	24.75	3349.50	40.31	1884.50	24.75
		14	690.50	43.13	2792.00	50.91	1779.50	37.48
5.00	1	2581.00	42.43	4455.50	51.62	3483.50	38.89	
	3	1234.00	62.23	4355.50	60.10	2776.50	51.28	
	7	943.00	31.11	3761.00	53.74	2363.50	57.28	
	14	933.00	42.43	3606.00	21.21	2043.50	61.52	
5X5X5cm	2.00	1	2250.50	55.86	4515.00	36.77	3257.00	19.80
		3	1203.50	20.51	4155.00	45.25	1923.50	17.68
		7	1138.00	38.18	3404.50	9.19	1703.00	50.91
		14	1105.00	33.94	2755.00	59.40	1777.00	48.08
	2.50	1	2212.00	18.38	4541.00	42.43	3358.00	35.36
		3	1262.50	34.65	4226.50	72.83	1868.00	63.64
		7	938.00	56.57	3320.00	35.36	1650.00	52.33
		14	916.00	49.50	2679.50	33.23	1764.00	18.38
	3.50	1	2509.00	25.46	4560.00	26.87	3620.50	33.23
		3	1654.50	61.52	4477.00	29.70	2865.00	48.08
		7	1218.00	9.90	3805.50	38.89	2472.50	23.33
		14	1187.00	5.66	3322.50	62.93	2167.00	42.43
5.00	1	2671.50	9.19	4629.50	30.41	3944.00	32.53	
	3	2030.50	27.58	4558.00	41.01	3168.00	60.81	
	7	1448.50	36.06	4128.50	33.37	2756.50	48.79	
	14	1434.00	43.84	3849.50	40.31	2465.00	45.25	
5X5X10cm	2.00	1	2373.50	33.23	4589.00	31.11	3260.00	41.01
		3	1640.00	50.91	4349.00	53.74	2369.00	59.40
		7	1614.50	9.19	3605.50	10.61	1895.00	11.31
		14	1578.00	18.38	2979.00	53.74	1987.00	28.28
	2.50	1	2346.50	50.20	4573.50	27.58	3189.50	31.82
		3	1395.50	383.96	4362.00	25.46	2392.00	15.56
		7	1132.50	30.41	3571.00	21.46	1832.50	30.41
		14	1047.00	79.20	2899.50	16.26	1960.00	38.18
	3.50	1	2563.00	33.94	4633.00	25.46	3582.50	40.31
		3	1828.00	24.04	4584.00	24.04	3173.00	53.74
		7	1455.00	14.14	4083.50	38.89	2786.00	52.33
		14	1394.00	26.87	3619.50	13.44	2373.00	39.60
5.00	1	2543.50	31.82	4678.50	10.61	4028.00	24.04	
	3	2131.50	28.99	4646.00	9.90	3520.50	62.93	
	7	1574.50	36.06	4356.00	52.33	3143.00	45.25	
	14	1546.50	44.55	4127.00	56.57	2926.00	32.53	

Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 31' de verilmiştir.

Tablo 31. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	Bakır	6845553.146	2	3422776.573	759.502	***
	Krom	5418497.583	2	2709248.792	1657.329	***
	Arsenik	7334454.438	2	3667227.219	2070.405	***
PH	Bakır	3372143.583	3	1124047.861	249.422	***
	Krom	7530062.875	3	2510020.958	1535.455	***
	Arsenik	16283616.115	3	5427872.038	3064.412	***
Süre	Bakır	26602970.833	3	8867656.944	1967.703	***
	Krom	28656675.458	3	9552225.153	5843.382	***
	Arsenik	28908523.865	3	9636174.622	5440.292	***
Boyut * PH	Bakır	328430.104	6	54738.351	12.146	***
	Krom	192855.250	6	32142.542	19.663	***
	Arsenik	63385.479	6	10564.247	5.964	***
Boyut * Süre	Bakır	1175616.104	6	195936.017	43.478	***
	Krom	282751.417	6	47125.236	28.828	***
	Arsenik	518871.229	6	86478.538	48.823	***
PH * Süre	Bakır	493165.750	9	54796.194	12.159	***
	Krom	2510251.625	9	278916.847	170.622	***
	Arsenik	1393065.927	9	154785.103	87.387	***
Boyut * PH * Süre	Bakır	131671.312	18	7315.073	1.623	*
	Krom	96018.750	18	5334.375	3.263	**
	Arsenik	170008.854	18	9444.936	5.332	***
Hata	Bakır	216317.000	48	4506.604		
	Krom	78466.000	48	1634.708		
	Arsenik	85020.500	48	1771.260		
Toplam	Bakır	251140796.000	96			
	Krom	1473352130.000	96			
	Arsenik	644139339.000	96			

Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarına etkisi % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Oksalik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 32' de verilmiştir.

Tablo 32. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2 cm	1124.00	A	3536.38	A	2109.84	A
5x5x5 cm	1573.66	B	3932.94	B	2547.44	B
5x5x10 cm	1760.22	C	4103.50	C	2776.06	C

Oksalik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Oksalik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

PH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2.00	1249.42	A	3588.96	A	2077.75	A
2.50	1394.75	B	3604.67	A	2095.79	A
3.50	1543.71	C	3974.21	B	2686.08	B
5.00	1755.96	D	4262.58	C	3051.50	C

Oksalik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının bakırın uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur. Krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=2 ve 2.5 seviyelerinin etkisi istatistiksel anlamda fark olmamasına karşın, diğer pH grupları arasında farklar olduğu gözlenmiştir.

Oksalik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 34' de verilmiştir.

Tablo 34. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2374.50	A	4475.71	A	3382.29	A
3	1381.58	B	4265.30	B	2447.00	B
7	1111.17	C	3589.29	C	2084.13	C
14	1076.58	C	3100.13	D	1997.71	D

Oksalik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, bakırın uzaklaştırılmasında 1,3 ve 7. günler arasında farklar olduğu, 7. ve 14. gün arasında herhangi bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 35'de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oksalik asit ile maksimum oranda bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=2.50 seviyesinin en etkin olduğu ve pH'nın azalmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarının önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Sürenin 3.günden sonra bakır ve arseniğin uzaklaştırılmasında fazla etkili olmadığı gözlenirken, kromun uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden pH=2.50 seviyesinde 14. günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %81.12'si, kromun %52.11'i ve arseniğin %68.16'sı uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden pH=2.50 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %67.25'i, kromun %43.49'u ve arseniğin %58.55'i uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden pH=2.50 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %62.57'si, kromun %38.85'i ve arseniğinin %53.95'i uzaklaştırılabilmektedir (Tablo 35).

Tablo 35. Oksalik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/ hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	2.00	1	26.42	14.23	33.73
	3.00	2.00	3	78.03	22.82	65.19
	3.00	2.00	7	78.49	39.35	69.44
	3.00	2.00	14	79.98	51.48	67.68
	3.00	2.50	1	27.17	12.81	31.99
	3.00	2.50	3	77.30	22.43	66.00
	3.00	2.50	7	80.59	40.73	71.28
	3.00	2.50	14	81.12	52.11	68.16
	3.00	3.50	1	16.04	8.65	26.00
	3.00	3.50	3	66.05	12.86	44.08
	3.00	3.50	7	73.99	29.37	55.72
	3.00	3.50	14	75.31	41.12	58.19
	3.00	5.00	1	7.72	6.04	18.15
	3.00	5.00	3	55.88	8.15	34.76
	3.00	5.00	7	66.29	20.69	44.47
	3.00	5.00	14	66.64	23.96	51.99
5x5x5 cm	1.20	2.00	1	19.54	4.79	23.47
	1.20	2.00	3	56.97	12.38	54.80
	1.20	2.00	7	59.31	28.21	59.99
	1.20	2.00	14	60.49	41.90	58.25
	1.20	2.50	1	20.92	4.24	21.10
	1.20	2.50	3	54.86	10.87	56.11
	1.20	2.50	7	66.46	29.99	61.23
	1.20	2.50	14	67.25	43.49	58.55
	1.20	3.50	1	10.30	3.84	14.93
	1.20	3.50	3	40.85	5.59	32.68
	1.20	3.50	7	56.45	19.75	41.91
	1.20	3.50	14	57.56	29.93	49.08
	1.20	5.00	1	4.49	2.37	7.33
	1.20	5.00	3	27.40	3.88	25.56
	1.20	5.00	7	48.21	12.94	35.23
	1.20	5.00	14	48.73	18.82	42.08
5x5x10 cm	0.83	2.00	1	15.14	3.23	23.40
	0.83	2.00	3	51.37	8.29	44.34
	0.83	2.00	7	52.28	23.97	55.47
	0.83	2.00	14	53.58	37.18	53.31
	0.83	2.50	1	16.11	3.55	25.06
	0.83	2.50	3	50.11	8.01	43.80
	0.83	2.50	7	59.51	24.69	56.94
	0.83	2.50	14	62.57	38.85	53.95
	0.83	3.50	1	8.37	2.30	15.82
	0.83	3.50	3	34.64	3.33	25.45
	0.83	3.50	7	47.98	13.89	34.54
	0.83	3.50	14	50.16	23.67	44.24
	0.83	5.00	1	9.06	1.34	5.36
	0.83	5.00	3	23.79	2.02	17.28
	0.83	5.00	7	43.71	8.14	26.15
	0.83	5.00	14	44.71	12.97	31.25

### 3.8.4. Oleik Asit

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri dört farklı pH seviyesine ayarlanmış oleik asit ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 36 'da verilmiştir.

Tablo 36. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	2.00	1	924.00	46.67	1754.50	31.82	793.50	31.82
		3	99.00	11.31	1028.00	39.60	129.00	29.70
		7	184.50	17.68	614.50	10.61	255.00	53.74
		14	519.00	25.46	616.50	23.33	415.00	8.49
	2.50	1	992.50	40.31	2220.00	15.56	925.00	22.63
		3	176.50	4.95	1572.50	40.31	221.00	19.80
		7	267.50	24.75	1230.00	57.98	396.50	61.52
		14	323.00	31.11	933.00	28.28	495.00	31.11
	3.50	1	1734.00	38.18	2984.00	24.04	1682.50	10.61
		3	1032.00	45.25	2674.00	46.67	1036.00	49.50
		7	582.00	41.01	2105.00	48.08	766.00	35.36
		14	561.00	56.57	1824.00	38.18	675.00	24.04
5.00	1	2038.00	56.57	3837.00	41.01	2532.00	29.70	
	3	1342.00	43.84	3514.50	26.16	2098.50	45.96	
	7	842.00	26.87	3104.00	38.18	1565.00	48.08	
	14	763.00	42.43	2872.00	55.15	1359.00	38.18	
5X5X5 cm	2.00	1	1363.50	33.23	2233.00	33.94	1301.00	22.63
		3	864.00	32.53	1614.00	18.38	340.00	32.53
		7	558.00	32.53	1048.50	68.59	506.50	17.68
		14	760.00	29.70	1090.00	52.33	762.50	16.26
	2.50	1	1680.00	29.70	2786.00	21.21	1516.00	18.38
		3	1210.00	41.01	2542.00	49.50	483.00	31.11
		7	745.50	20.51	2094.50	55.86	593.50	17.68
		14	821.00	28.28	1837.00	50.91	848.50	24.75
	3.50	1	2491.50	27.58	3533.50	45.96	2553.00	42.43
		3	1959.50	40.31	3119.50	12.02	1987.00	16.97
		7	1420.00	29.70	2688.50	47.38	1453.00	42.43
		14	1137.00	36.77	2492.00	26.87	1250.50	55.86
5.00	1	2470.50	38.89	4355.00	45.25	3230.50	43.13	
	3	2256.50	36.06	4029.50	37.48	2861.50	34.65	
	7	1915.00	22.63	3776.50	9.19	2483.00	31.11	
	14	1504.00	41.01	3614.50	9.19	2150.50	27.58	
5X5X10 cm	2.00	1	1877.00	48.08	2698.00	26.87	1757.50	27.58
		3	1393.00	48.08	1983.00	22.63	721.00	25.46
		7	924.50	37.48	1360.50	55.86	920.50	14.85
		14	971.50	16.26	1409.00	31.11	957.00	42.43
	2.50	1	2205.50	23.33	3339.50	37.48	2001.00	14.14
		3	1683.00	36.77	2959.00	41.01	826.50	37.48
		7	1128.50	30.41	2501.50	55.86	934.50	38.89
		14	1102.00	41.01	2074.50	47.38	1020.00	18.38
	3.50	1	2527.50	37.48	4059.00	45.25	3003.50	10.61
		3	2450.00	38.18	3687.00	50.91	2500.50	41.72
		7	1912.50	40.31	3337.00	48.08	1824.00	48.08
		14	1580.50	31.82	3024.00	45.25	1602.00	43.84
5.00	1	2639.50	44.55	4605.50	7.78	3968.50	44.55	
	3	2519.00	18.38	4447.00	19.80	3722.50	17.68	
	7	2273.50	37.48	4129.00	41.01	3325.50	36.06	
	14	2038.00	42.43	3949.00	25.46	2978.00	32.53	

Oleik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 37' de verilmiştir.

Tablo 37. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	Bakır	18197161.521	2	9098580.760	7059.605	***
	Krom	17608495.146	2	8804247.573	5664.552	***
	Arsenik	17500963.521	2	8750481.760	7572.282	***
PH	Bakır	16545242.615	3	5515080.872	4279.161	***
	Krom	76644056.500	3	25548018.833	16437.302	***
	Arsenik	58775403.531	3	19591801.177	16953.883	***
Süre	Bakır	12490437.365	3	4163479.122	3230.451	***
	Krom	15983082.583	3	5327694.194	3427.777	***
	Arsenik	12486849.281	3	4162283.094	3601.857	***
Boyut * PH	Bakır	339173.229	6	56528.872	43.861	***
	Krom	475951.938	6	79325.323	51.037	***
	Arsenik	2514409.563	6	419068.260	362.643	***
Boyut * Süre	Bakır	651324.979	6	108554.163	84.227	***
	Krom	70204.354	6	11700.726	7.528	***
	Arsenik	201167.312	6	33527.885	29.014	***
PH * Süre	Bakır	1029596.427	9	114399.603	88.763	***
	Krom	815348.917	9	90594.324	58.287	***
	Arsenik	3201263.260	9	355695.918	307.804	***
Boyut * PH * Süre	Bakır	893327.604	18	49629.311	38.507	***
	Krom	215546.896	18	11974.828	7.704	***
	Arsenik	408957.271	18	22719.848	19.661	***
Hata	Bakır	61863.500	48	1288.823		
	Krom	74605.000	48	1554.271		
	Arsenik	55468.500	48	1155.594		
Toplam	Bakır	224960289.000	96			
	Krom	766057708.000	96			
	Arsenik	309506599.000	96			

Oleik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkileri %0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarına etkisi % 0.1, anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Oleik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 38'de verilmiştir.



Tablo 38. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2cm	773.75	A	2055.22	A	959.00	A
5x5x5cm	1447.25	B	2678.38	B	1520.00	B
5x5x10cm	1826.59	C	3097.66	C	2003.91	C

Oleik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Oleik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 39' da verilmiştir.

Tablo 39. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2.00	869.83	A	1454.13	A	738.21	A
2.50	1027.92	B	2174.13	B	855.04	B
3.50	1615.63	C	2960.63	C	1694.42	C
5.00	1883.42	D	3852.79	D	2689.54	D

Oleik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Oleik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 40' da verilmiştir.

Tablo 40. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	1911.96	A	3200.42	A	2105.33	A
3	1415.37	B	2764.17	B	1410.54	B
7	1062.79	C	2332.46	C	1251.92	C
14	1006.67	D	2144.63	D	1209.42	D

Oleik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Oleik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 41'de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oleik asit ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=2.00 seviyesinin en etkin olduğu ve pH'nın azalmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarının önemli oranda arttığı belirlenmiştir. 2x2x2cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 3.günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %96.46'sı, arseniğin %96.97'si ve 7. günün sonunda kromun %87.04'ü uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 7. günün sonunda bakırın %80.05'i, kromun %77.89'u ve 3. günün sonunda arseniğin %92.01'i uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 7. günün sonunda bakırın %66.95'i, kromun %71.31'i ve 3. günün sonunda arseniğinin %83.06'sı uzaklaştırılabildiği (Tablo 41).

Tablo 41. Oleik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	2.00	1	66.96	63.00	81.36
	3.00	2.00	3	96.46	78.32	96.97
	3.00	2.00	7	93.40	87.04	94.01
	3.00	2.00	14	81.44	87.00	90.25
	3.00	2.50	1	64.52	53.18	78.27
	3.00	2.50	3	93.69	66.84	94.81
	3.00	2.50	7	90.44	74.06	90.68
	3.00	2.50	14	88.45	80.32	88.37
	3.00	3.50	1	38.01	37.07	60.47
	3.00	3.50	3	63.10	43.61	75.66
	3.00	3.50	7	79.19	55.61	82.00
	3.00	3.50	14	79.94	61.54	84.14
	3.00	5.00	1	27.14	19.08	40.51
	3.00	5.00	3	52.02	25.89	50.69
	3.00	5.00	7	69.90	34.54	63.23
	3.00	5.00	14	72.72	39.43	68.07
5x5x5 cm	1.20	2.00	1	51.25	52.91	69.43
	1.20	2.00	3	69.11	65.96	92.01
	1.20	2.00	7	80.05	77.89	88.10
	1.20	2.00	14	72.83	77.01	82.08
	1.20	2.50	1	39.94	41.25	64.38
	1.20	2.50	3	56.74	46.39	88.65
	1.20	2.50	7	73.35	55.83	86.05
	1.20	2.50	14	70.65	61.26	80.06
	1.20	3.50	1	10.92	25.49	40.01
	1.20	3.50	3	29.94	34.22	53.31
	1.20	3.50	7	49.23	43.30	65.86
	1.20	3.50	14	59.35	47.45	70.62
	1.20	5.00	1	11.67	8.16	24.10
	1.20	5.00	3	19.32	15.03	32.77
	1.20	5.00	7	31.53	20.36	41.66
	1.20	5.00	14	46.23	23.78	49.47
5x5x10 cm	0.83	2.00	1	32.89	43.10	58.71
	0.83	2.00	3	50.20	58.18	83.06
	0.83	2.00	7	66.95	71.31	78.37
	0.83	2.00	14	65.27	70.29	77.51
	0.83	2.50	1	21.15	29.58	52.98
	0.83	2.50	3	39.83	37.60	80.58
	0.83	2.50	7	59.65	47.25	78.04
	0.83	2.50	14	60.60	56.25	76.03
	0.83	3.50	1	9.64	14.40	29.43
	0.83	3.50	3	12.41	22.25	41.25
	0.83	3.50	7	31.62	29.63	57.14
	0.83	3.50	14	43.49	36.23	62.36
	0.83	5.00	1	5.63	2.88	6.76
	0.83	5.00	3	9.94	6.22	12.54
	0.83	5.00	7	18.72	12.93	21.86
	0.83	5.00	14	27.14	16.72	30.03

### 3.8.5. Sitrik Asit

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri dört farklı pH seviyesine ayarlanmış sitrik asit ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 42' de verilmiştir.

Tablo 42. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	2.00	1	2258.00	45.25	4007.00	100.41	2920.50	94.05
		3	714.50	21.92	3310.00	114.55	1431.50	38.89
		7	565.00	48.08	1376.00	66.47	705.50	26.16
		14	210.00	19.80	782.50	33.23	375.50	50.20
	2.50	1	2337.00	28.28	4109.50	16.26	2994.50	54.45
		3	800.00	60.81	3578.50	31.82	1517.00	8.49
		7	593.00	28.28	1510.50	17.68	772.50	54.45
		14	328.00	24.04	866.00	32.53	405.00	25.46
	3.00	1	2375.50	31.82	4262.00	38.18	3044.50	47.38
		3	849.50	37.48	3878.00	46.67	1750.00	55.15
		7	722.50	31.82	1889.50	16.26	1034.50	45.96
		14	440.50	27.58	1089.00	31.11	560.50	53.03
5.00	1	2381.00	42.43	4365.50	47.38	3383.50	38.89	
	3	1034.00	62.23	4055.50	60.10	2376.50	57.28	
	7	888.00	32.53	3711.00	16.97	1488.50	48.79	
	14	483.00	28.28	2552.00	55.15	1224.00	45.25	
5X5X5 cm	2.00	1	2355.50	62.93	4415.00	36.77	3377.00	48.08
		3	1353.50	91.22	3955.00	45.25	1933.50	31.82
		7	888.00	32.53	3054.50	79.90	1103.00	50.91
		14	770.00	57.98	1355.00	82.02	767.50	61.52
	2.50	1	2462.00	52.33	4570.00	26.87	3403.00	42.43
		3	1462.50	34.65	4111.50	47.38	2068.00	63.64
		7	1038.00	56.57	3320.00	35.36	1200.00	18.38
		14	831.00	28.28	1558.00	63.64	864.00	18.38
	3.00	1	2519.00	11.31	4550.00	55.15	3470.50	37.48
		3	1354.50	61.52	4277.00	29.70	2365.00	48.08
		7	1118.00	9.90	3605.50	38.89	1472.50	23.33
		14	922.00	15.56	1807.00	22.63	950.50	38.89
5.00	1	2571.50	9.19	4594.50	23.33	3844.00	32.53	
	3	1680.50	43.13	4458.00	41.01	3168.00	60.81	
	7	1298.50	34.65	4083.50	23.33	2156.50	48.79	
	14	1034.00	43.84	3149.50	40.31	1644.50	47.38	
5X5X10 cm	2.00	1	2473.50	33.23	4489.00	31.11	3250.00	55.15
		3	1840.00	50.91	4049.00	87.68	1969.00	59.40
		7	1259.50	54.45	3455.50	60.10	1300.00	4.24
		14	993.00	39.60	1559.00	59.40	932.00	49.50
	2.50	1	2396.50	20.51	4623.50	43.13	3294.50	38.89
		3	1645.50	27.41	4262.00	25.46	2102.00	12.73
		7	1332.50	30.41	3551.00	39.60	1332.50	30.41
		14	952.00	57.98	1794.50	23.33	960.00	38.18
	3.00	1	2555.50	31.82	4633.00	31.11	3432.50	30.41
		3	1728.00	24.04	4389.00	31.11	2423.00	16.97
		7	1355.00	14.14	3938.50	24.75	1601.00	31.11
		14	1079.00	48.08	2024.00	45.25	1045.00	31.11
5.00	1	2543.50	31.82	4687.50	16.26	3928.00	24.04	
	3	1831.50	28.99	4561.00	53.74	3295.50	43.13	
	7	1424.50	34.65	4291.00	2.83	2243.00	45.25	
	14	1131.50	75.66	3299.00	16.97	1778.50	31.82	

Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 43' de verilmiştir.

Tablo 43. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	Bakır	6080780.396	2	3040390.198	1747.162	***
	Krom	14321998.521	2	7160999.260	3153.034	***
	Arsenik	5889871.646	2	2944935.823	1523.768	***
PH	Bakır	677036.208	3	225678.736	129.686	***
	Krom	13739751.542	3	4579917.181	2016.567	***
	Arsenik	11322388.917	3	3774129.639	1952.809	***
Süre	Bakır	38558320.042	3	12852773.347	7385.855	***
	Krom	98337363.792	3	32779121.264	14432.856	***
	Arsenik	81012167.583	3	27004055.861	13972.433	***
Boyut * PH	Bakır	114368.104	6	19061.351	10.954	***
	Krom	830607.646	6	138434.608	60.954	***
	Arsenik	109500.771	6	18250.128	9.443	***
Boyut * Süre	Bakır	1309329.271	6	218221.545	125.401	***
	Krom	4301876.896	6	716979.483	315.691	***
	Arsenik	244107.854	6	40684.642	21.051	***
PH * Süre	Bakır	62793.708	9	6977.079	4.009	**
	Krom	6280209.625	9	697801.069	307.246	***
	Arsenik	795698.000	9	88410.889	45.746	***
Boyut * PH * Süre	Bakır	67680.229	18	3760.013	2.161	*
	Krom	1339453.937	18	74414.108	32.765	***
	Arsenik	86203.062	18	4789.059	2.478	**
Hata	Bakır	83529.000	48	1740.188		
	Krom	109015.000	48	2271.146		
	Krom	109015.000	48	2271.146		
	Arsenik	92768.000	48	1932.667		
	Arsenik	92768.000	48	1932.667		
Toplam	Bakır	236117572.000	96			
Toplam	Bakır	236117572.000	96			
	Krom	1230237234.000	96			
	Krom	1230237234.000	96			
	Arsenik	472891746.000	96			

Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır konsantrasyonlarına etkisi %1, boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır konsantrasyonlarına etkisi %5, boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin arsenik konsantrasyonlarına etkisi %1

ve diğer grupların karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine etkisi % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Sitrik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan grupların homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış sonuçlar Tablo 44'de verilmiştir.

Tablo 44. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2cm	1061.22	A	2833.91	A	1624.00	A
5x5x5cm	1491.16	B	3554.00	B	2111.72	B
5x5x10cm	1658.81	C	3725.41	C	2180.41	C

Sitrik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Sitrik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 45'de verilmiştir.

Tablo 45. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2.00	1306.71	A	2983.96	A	1672.08	A
2.50	1348.17	B	3154.58	B	1742.75	B
3.50	1434.92	C	3361.88	C	1929.13	C
5.00	1525.13	D	3984.00	D	2544.21	D

Sitrik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Sitrik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2435.71	A	4442.21	A	3361.88	A
3	1374.50	B	4073.71	B	2199.92	B
7	1040.21	C	3148.88	C	1367.46	C
14	764.50	D	1819.63	D	958.92	D

Sitrik asitle remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 47'de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sitrik asit ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=2.00 seviyesi en etkin olduğu ve pH'nun azalmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarının önemli oranda arttığı belirlenmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 14. günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %92.49'u, kromun %83.50'i ve arseniğin %91.18'i uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden pH=2.00 seviyesinde 14. günün

sonunda bakırın %72.47'si, kromun %71.43'ü ve arseniğin %81.97'si uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden pH=2.50 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %65.90'nı, pH=2.00 seviyesinde 14. günün sonunda kromun %67.12'si ve arseniğinin %78.10'nu uzaklaştırılabilmektedir. Bakır ve arsenikteki yıkımlanma tedrici bir şekilde gerçekleşirken, kromdaki yıkımlanma 7. günün sonunda hızlı şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir (Tablo 47).





Tablo 47. Sitrik asit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	2.00	1	19.27	15.50	31.38
	3.00	2.00	3	74.45	30.20	66.37
	3.00	2.00	7	79.80	70.98	83.42
	3.00	2.00	14	92.49	83.50	91.18
	3.00	2.50	1	16.45	13.34	29.64
	3.00	2.50	3	71.40	24.54	64.36
	3.00	2.50	7	78.80	68.15	81.85
	3.00	2.50	14	88.27	81.74	90.48
	3.00	3.50	1	15.07	10.12	28.47
	3.00	3.50	3	69.63	18.22	58.88
	3.00	3.50	7	74.17	60.15	75.69
	3.00	3.50	14	84.25	77.04	86.83
	3.00	5.00	1	14.87	7.94	20.50
	3.00	5.00	3	63.03	14.48	44.16
	3.00	5.00	7	68.25	21.74	65.03
	3.00	5.00	14	82.73	46.18	71.24
5x5x5 cm	1.20	2.00	1	15.78	6.90	20.65
	1.20	2.00	3	51.61	16.60	54.57
	1.20	2.00	7	68.25	35.59	74.08
	1.20	2.00	14	72.47	71.43	81.97
	1.20	2.50	1	11.98	3.63	20.04
	1.20	2.50	3	47.71	13.30	51.41
	1.20	2.50	7	62.89	29.99	71.80
	1.20	2.50	14	70.29	67.14	79.70
	1.20	3.50	1	9.94	4.05	18.46
	1.20	3.50	3	44.42	9.81	44.43
	1.20	3.50	7	60.03	23.97	65.40
	1.20	3.50	14	67.04	61.89	77.67
	1.20	5.00	1	8.06	3.11	9.68
	1.20	5.00	3	39.92	5.99	25.56
	1.20	5.00	7	53.58	13.89	49.33
	1.20	5.00	14	63.03	33.58	61.36
5x5x10 cm	0.83	2.00	1	11.57	5.34	23.64
	0.83	2.00	3	34.22	14.61	53.74
	0.83	2.00	7	54.97	27.13	69.45
	0.83	2.00	14	64.50	67.12	78.10
	0.83	2.50	1	14.32	2.50	22.59
	0.83	2.50	3	41.17	10.12	50.61
	0.83	2.50	7	52.36	25.12	68.69
	0.83	2.50	14	65.96	62.16	77.44
	0.83	3.50	1	8.63	2.30	19.35
	0.83	3.50	3	38.22	7.44	43.07
	0.83	3.50	7	51.56	16.94	62.38
	0.83	3.50	14	61.42	57.32	75.45
	0.83	5.00	1	9.06	1.15	7.71
	0.83	5.00	3	34.52	3.82	22.57
	0.83	5.00	7	49.07	9.51	47.30
	0.83	5.00	14	59.55	30.43	58.21

### 3.8.6. Amonyum Sülfat

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri üç farklı pH seviyesine ayarlanmış amonyum sülfat ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 48' de verilmiştir.

Tablo 48. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	5.50	1	1530.00	14.14	3887.00	43.84	1986.50	51.62
		3	1208.00	35.36	3509.50	33.23	1238.50	38.89
		7	863.00	14.14	2982.50	53.03	1039.50	41.72
		14	828.00	7.07	2827.00	65.05	1119.00	52.33
	6.00	1	1570.00	28.28	3947.00	12.73	2011.50	30.41
		3	1218.50	21.92	3524.50	40.31	1298.50	17.68
		7	913.00	42.43	3027.50	45.96	1074.50	34.65
		14	818.00	21.21	2797.00	50.91	1129.00	52.33
	6.50	1	1770.00	28.28	3982.00	19.80	2254.00	29.70
		3	1418.50	21.92	3624.50	40.31	1698.50	17.68
		7	1358.00	21.21	3127.50	45.96	1364.50	34.65
		14	1103.00	42.43	2882.00	15.56	1269.00	32.53
5X5X5 cm	5.50	1	2108.50	40.31	4334.50	47.38	2627.00	33.94
		3	1846.50	36.06	4030.00	35.36	1944.00	31.11
		7	1615.50	21.92	3832.00	45.25	1523.00	31.11
		14	1501.50	44.55	3550.00	53.74	1585.50	21.92
	6.00	1	2158.50	16.26	4354.50	33.23	2687.00	22.63
		3	1801.50	27.58	4035.00	28.28	2004.00	25.46
		7	1570.50	28.99	3832.00	31.11	1608.00	18.38
		14	1461.50	40.31	3555.00	18.38	1645.50	21.92
	6.50	1	2358.50	16.26	4369.50	26.16	2962.00	41.01
		3	2001.50	27.58	4055.00	28.28	2504.00	25.46
		7	1820.50	41.72	3937.00	38.18	1858.00	52.33
		14	1656.50	33.23	3630.00	53.74	1755.50	20.51
5X5X10 cm	5.50	1	2159.50	16.26	4650.00	42.43	3531.50	16.26
		3	2042.00	43.84	4380.00	28.28	2947.50	24.75
		7	1926.00	35.36	4116.50	51.62	2580.50	41.72
		14	1756.50	26.16	4000.00	42.43	2408.00	46.67
	6.00	1	2179.50	16.26	4635.00	35.36	3561.50	30.41
		3	2043.00	14.14	4382.00	35.36	2902.50	45.96
		7	1911.00	42.43	4106.50	37.48	2480.50	41.72
		14	1696.50	30.41	3990.00	42.43	2368.00	38.18
	6.50	1	2614.50	33.23	4665.00	21.21	3576.50	23.33
		3	2443.00	14.14	4402.00	21.21	3052.50	24.75
		7	2266.00	21.21	4301.50	44.55	2785.50	34.65
		14	1951.50	37.48	4022.00	25.46	2513.00	39.60

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 49’da verilmiştir.

Tablo 49. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	CU	9491246.333	2	4745623.167	5342.165	***
	CR	11378514.694	2	5689257.347	3743.890	***
	AS	24938835.361	2	12469417.681	10372.933	***
PH	CU	1283280.250	2	641640.125	722.297	***
	CR	81950.778	2	40975.389	26.964	***
	AS	966834.028	2	483417.014	402.140	***
Süre	CU	3982087.222	3	1327362.407	1494.217	***
	CR	7209724.944	3	2403241.648	1581.485	***
	AS	12457766.556	3	4152588.852	3454.414	***
Boyut * PH	CU	67750.167	4	16937.542	19.067	***
	CR	5233.222	4	1308.306	.861	BD
	AS	124076.389	4	31019.097	25.804	***
Boyut * Süre	CU	163645.444	6	27274.241	30.703	***
	CR	550516.972	6	91752.829	60.379	***
	AS	228652.861	6	38108.810	31.702	***
PH * Süre	CU	40751.861	6	6791.977	7.646	***
	CR	27197.222	6	4532.870	2.983	*
	AS	119829.861	6	19971.644	16.614	***
Boyut * PH * Süre	CU	70432.722	12	5869.394	6.607	***
	CR	15416.111	12	1284.676	.845	BD
	AS	83884.722	12	6990.394	5.815	***
Hata	CU	31980.000	36	888.333		
Hata	CU	31980.000	36	888.333		
	CR	54706.000	36	1519.611		
	CR	54706.000	36	1519.611		
	AS	43276.000	36	1202.111		
	AS	43276.000	36	1202.111		
Toplam	CU	225174182.000	72			
Toplam	CU	225174182.000	72			
	CR	1097087376.000	72			
	CR	1097087376.000	72			
	AS	367445780.000	72			
	AS	367445780.000	72			

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut ve pH'nın karşılıklı etkileşimlerinin ve boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin krom konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin krom konsantrasyonlarına etkisi %5 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 50'de verilmiştir.

Tablo 50. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2cm	1216.50	A	3343.17	A	1456.92	A
5x5x5cm	1825.08	B	3959.54	B	2058.63	B
5x5x10cm	2082.42	C	4304.21	C	2892.29	C

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunmuştur.

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 51'de verilmiştir.

Tablo 51. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
5.50	1611.79	A	3841.58	A	2044.21	A
6.00	1615.42	A	3848.83	A	2064.21	B
6.50	1896.79	B	3916.50	B	2299.42	C

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunmuştur. Ancak, bakır ve kromun uzaklaştırılmasında pH'nın 5.50 ve 6.00 seviyelerinde istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, bakır ve kromun uzaklaştırılmasında pH'nın 6.50 durumunda diğer iki pH seviyelerine oranla istatistiksel anlamda fark bulunmuştur.

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 52' de verilmiştir.

Tablo 52. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2049.89	A	4313.83	A	2799.72	A
3	1780.28	B	3993.61	B	2176.67	B
7	1582.61	C	3695.89	C	1812.67	C
14	1419.22	D	3472.56	D	1754.72	D

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunmuştur.

Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 53' de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden amonyum sülfat ile bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=6.00 seviyesinin en etkin olduğu belirlenmiştir. 2x2x2cm boyutundaki örneklerden pH=6.00 seviyesinde 14. günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %71 ve kromun %41'i, pH=5.50 seviyesinde 7. günün sonunda arseniğin %76'sı uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5cm boyutundaki örneklerden pH=6.0 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %48'i ve pH=5.50 seviyesinde 14. günün sonunda kromun %25'i, 7. günün sonunda arseniğin %64'ü uzaklaştırılmıştır. 5x5x10cm boyutundaki örneklerden pH=6.00 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %39'u, arseniğinin %44'ü ve pH=5.50 seviyesinde 14. günün sonunda kromun ancak %16'sı uzaklaştırılabilmektedir (Tablo 53).

Tablo 53. Amonyum sülfat ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	5.50	1	45	18	53
	3.00	5.50	3	57	26	71
	3.00	5.50	7	69	37	76
	3.00	5.50	14	70	40	74
	3.00	6.00	1	44	17	53
	3.00	6.00	3	56	26	69
	3.00	6.00	7	67	36	75
	3.00	6.00	14	71	41	73
	3.00	6.50	1	37	16	47
	3.00	6.50	3	49	24	60
	3.00	6.50	7	51	34	68
	3.00	6.50	14	61	39	70
5x5x5 cm	1.20	5.50	1	25	9	38
	1.20	5.50	3	34	15	54
	1.20	5.50	7	42	19	64
	1.20	5.50	14	46	25	63
	1.20	6.00	1	23	8	37
	1.20	6.00	3	36	15	53
	1.20	6.00	7	44	19	62
	1.20	6.00	14	48	25	61
	1.20	6.50	1	16	8	30
	1.20	6.50	3	28	14	41
	1.20	6.50	7	35	17	56
	1.20	6.50	14	41	23	59
5x5x10 cm	0.83	5.50	1	23	2	17
	0.83	5.50	3	27	8	31
	0.83	5.50	7	31	13	39
	0.83	5.50	14	37	16	43
	0.83	6.00	1	22	2	16
	0.83	6.00	3	27	8	32
	0.83	6.00	7	32	13	42
	0.83	6.00	14	39	16	44
	0.83	6.50	1	7	2	16
	0.83	6.50	3	13	7	28
	0.83	6.50	7	19	9	35
	0.83	6.50	14	30	15	41

### 3.8.7. Resorsinol

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri üç farklı pH seviyesine ayarlanmış resorsinol ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 54'de verilmiştir.

Tablo 54. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	5.50	1	2081.00	42.43	4345.50	47.38	3453.50	31.82
		3	1768.50	43.13	4255.50	60.10	3136.50	27.58
		7	1588.00	32.53	4026.00	38.18	2873.00	29.70
		14	1483.00	28.28	3762.00	41.01	2774.00	25.46
	6.00	1	2086.00	21.21	4334.50	34.65	3438.50	38.89
		3	1774.00	22.63	4275.50	17.68	3118.50	17.68
		7	1593.00	25.46	4026.50	51.62	2827.50	21.92
		14	1490.00	18.38	3768.50	38.89	2741.00	35.36
	6.50	1	2091.00	16.97	4340.00	38.18	3446.50	34.65
		3	1781.00	25.46	4279.00	19.80	3125.50	20.51
		7	1606.00	38.18	4033.00	50.91	2831.00	25.46
		14	1512.00	28.28	3785.00	31.11	2747.50	36.06
5X5X5 cm	5.50	1	2581.50	19.09	4584.50	23.33	3904.00	24.04
		3	2250.50	55.86	4468.00	26.87	3633.00	11.31
		7	1998.50	34.65	4395.50	12.02	3506.50	21.92
		14	1784.00	26.87	4249.50	40.31	3444.50	47.38
	6.00	1	2571.50	19.09	4634.50	9.19	3917.50	34.65
		3	2267.50	37.48	4466.00	9.90	3653.50	28.99
		7	2018.50	34.65	4407.00	14.14	3536.50	36.06
		14	1809.00	19.80	4266.00	21.21	3466.00	31.11
	6.50	1	2570.00	26.87	4639.50	12.02	3930.00	43.84
		3	2276.50	38.89	4467.50	33.23	3667.00	19.80
		7	2032.50	30.41	4409.50	20.51	3552.00	26.87
		14	1825.00	22.63	4282.50	14.85	3478.00	29.70
5X5X10 cm	5.50	1	2698.50	31.82	4677.50	16.26	4163.00	25.46
		3	2331.50	28.99	4611.00	16.97	3970.50	20.51
		7	2124.50	34.65	4476.00	24.04	3743.00	45.25
		14	2081.50	4.95	4399.00	16.97	3678.50	31.82
	6.00	1	2713.50	38.89	4698.00	16.97	4153.00	25.46
		3	2366.50	21.92	4618.00	35.36	3982.00	24.04
		7	2134.50	31.82	4479.00	25.46	3764.50	33.23
		14	2096.00	9.90	4406.50	36.06	3705.50	36.06
	6.50	1	2722.50	41.72	4704.00	18.38	4172.50	30.41
		3	2401.00	14.14	4626.00	21.21	3987.00	22.63
		7	2161.00	31.11	4500.00	24.04	3770.00	38.18
		14	2117.00	5.66	4416.50	31.82	3728.00	16.97

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 55’de verilmiştir.

Tablo 55. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	CU	4473199.528	2	2236599.764	2498.800	***
	CR	2614606.861	2	1307303.431	1420.189	***
	AS	9303397.861	2	4651698.931	5070.125	***
PH	CU	8794.528	2	4397.264	4.913	*
	CR	4525.694	2	2262.847	2.458	*
	AS	2320.111	2	1160.056	1.264	BD
Süre	CU	4506462.708	3	1502154.236	1678.254	***
	CR	1665241.931	3	555080.644	603.012	***
	AS	3118724.278	3	1039574.759	1133.086	***
Boyut * PH	CU	1353.389	4	338.347	.378	BD
	CR	586.056	4	146.514	.159	BD
	AS	8645.806	4	2161.451	2.356	BD
Boyut * Süre	CU	94948.917	6	15824.819	17.680	***
	CR	216044.028	6	36007.338	39.117	***
	AS	159841.472	6	26640.245	29.037	***
PH * Süre	CU	1644.583	6	274.097	.306	BD
	CR	620.528	6	103.421	.112	BD
	AS	264.556	6	44.093	.048	BD
Boyut * PH * Süre	CU	1571.167	12	130.931	.146	BD
	CR	2661.389	12	221.782	.241	BD
	AS	2190.194	12	182.516	.199	BD
Hata	CU	32222.500	36	895.069		
Hata	CU	32222.500	36	895.069		
	CR	33138.500	36	920.514		
	CR	33138.500	36	920.514		
	AS	33029.000	36	917.472		
	AS	33029.000	36	917.472		
Toplam	CU	319843563.000	72			
Toplam	CU	319843563.000	72			
	CR	1375889517.000	72			
	CR	1375889517.000	72			
	AS	908952100.000	72			
	AS	908952100.000	72			

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. pH gruplarının bakır ve kromu uzaklaştırmadaki etkinliği % 5 anlam düzeyinde anlamlı bulunurken, arseniği uzaklaştırmada ki etkisi istatistiksel olarak önemsiz



bulunmuştur. Boyut ve pH, pH ve süre, ve boyut, pH ve süre gruplarının karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arseniği uzaklaştırılmasındaki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte, boyut ve süre gruplarının karşılıklı etkileşimlerinin etkisi % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 56'da verilmiştir.

Tablo 56. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2 cm	1737.79	A	4102.58	A	3042.75	A
5x5x5 cm	2165.42	B	4439.17	B	3640.71	B
5x5x10 cm	2329.00	C	4550.96	C	3901.46	C

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 57'de verilmiştir.

Tablo 57. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
5.50	2064.25	A	4354.17	A	3523.33	A
6.00	2076.67	A B	4365.00	A B	3525.33	A
6.50	2091.29	B	4373.54	B	3536.25	A

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olmadığı ve bütün gruplar arasında fark bulunmamıştır. Ancak, bakır ve kromun uzaklaştırılmasında

pH 5.50 ile 6.00, ve 6.00 ile 6.50 seviyelerinde kendi aralarında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, bakır ve kromun uzaklaştırılmasında pH 5.50 ile 6.50 arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur.

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 58'de verilmiştir.

Tablo 58. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2457.28	A	4550.89	A	3842.06	A
3	2135.22	B	4451.83	B	3585.94	B
7	1917.39	C	4305.83	C	3378.22	C
14	1799.72	D	4148.39	D	3307.00	D

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Resorsinol ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 59'da verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden resorsinol ile bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkili olmadığı belirlenmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden pH=6.00 seviyesinde 14. günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %47'si, kromun %21'i ve arseniğin %36'sı uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden 14. günün sonunda bakırın %36'sı, kromun %10'nu ve arseniğin %19'u uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden 14. günün sonunda bakırın %27'si, sonunda kromun ancak %7'si ve arseniğin %14'ü uzaklaştırılabilmiştir (Tablo 59).

Tablo 59. Resorsinol ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/ hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)	
2x2x2 cm	3.00	5.50	1	26	8	19	
	3.00	5.50	3	37	10	26	
	3.00	5.50	7	43	15	32	
	3.00	5.50	14	47	21	35	
	3.00	6.00	1	25	9	19	
	3.00	6.00	3	37	10	27	
	3.00	6.00	7	43	15	34	
	3.00	6.00	14	47	21	36	
	3.00	6.50	1	25	8	19	
	3.00	6.50	3	36	10	27	
	3.00	6.50	7	43	15	33	
	3.00	6.50	14	46	20	35	
	5x5x5 cm	1.20	5.50	1	8	3	8
		1.20	5.50	3	20	6	15
1.20		5.50	7	29	7	18	
1.20		5.50	14	36	10	19	
1.20		6.00	1	8	2	8	
1.20		6.00	3	19	6	14	
1.20		6.00	7	28	7	17	
1.20		6.00	14	35	10	19	
1.20		6.50	1	8	2	8	
1.20		6.50	3	19	6	14	
1.20		6.50	7	27	7	17	
1.20		6.50	14	35	10	18	
5x5x10 cm		0.83	5.50	1	4	1	2
		0.83	5.50	3	17	3	7
	0.83	5.50	7	24	6	12	
	0.83	5.50	14	26	7	14	
	0.83	6.00	1	3	1	2	
	0.83	6.00	3	15	3	6	
	0.83	6.00	7	24	6	12	
	0.83	6.00	14	25	7	13	
	0.83	6.50	1	3	1	2	
	0.83	6.50	3	14	2	6	
	0.83	6.50	7	23	5	11	
	0.83	6.50	14	24	7	12	

### 3.8.8. Hümik Asit Sodyum Tuzu

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri üç farklı pH seviyesine ayarlanmış hümik asit sodyum tuzu ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 60'da verilmiştir.

Tablo 60. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	13.00	1	2098.00	28.28	4368.50	47.38	2857.50	47.38
		3	1658.00	11.31	4266.50	60.10	2443.50	31.82
		7	1016.00	42.43	4045.00	38.18	2123.00	41.01
		14	989.00	24.04	3791.00	41.01	2059.00	32.53
	12.00	1	2409.50	53.03	4357.50	34.65	3536.50	30.41
		3	1972.50	37.48	4286.50	17.68	2972.00	55.15
		7	1600.50	24.75	4045.50	51.62	2827.50	21.92
		14	1451.50	43.13	3797.50	38.89	2741.00	35.36
	11.00	1	2426.00	38.18	4363.00	38.18	3520.50	38.89
		3	1977.50	16.26	4290.00	19.80	3078.50	27.58
		7	1615.50	10.61	4052.00	50.91	2831.00	25.46
		14	1469.50	45.96	3814.00	31.11	2747.50	36.06
5X5X5 cm	13.00	1	2273.00	18.38	4607.50	23.33	3294.00	19.80
		3	1995.50	50.20	4479.00	26.87	2885.50	17.68
		7	1596.00	35.36	4414.50	12.02	2656.50	48.79
		14	1537.50	36.06	4278.50	40.31	2594.50	23.33
	12.00	1	2570.00	25.46	4657.50	9.19	3907.50	37.48
		3	2457.50	33.23	4477.00	9.90	3527.00	48.08
		7	2006.00	31.11	4426.00	14.14	3436.50	36.06
		14	1818.00	36.77	4295.00	21.21	3466.00	31.11
	11.00	1	2598.00	15.56	4662.50	12.02	3981.00	32.53
		3	2467.00	19.80	4478.50	33.23	3495.00	31.11
		7	2017.50	47.38	4428.50	20.51	3552.00	26.87
		14	1824.50	45.96	4311.50	14.85	3478.00	29.70
5X5X10 cm	13.00	1	2407.50	50.20	4700.50	16.26	3297.00	41.01
		3	2168.50	30.41	4622.00	16.97	3146.00	38.18
		7	1955.50	40.31	4495.00	24.04	2843.00	45.25
		14	1806.50	38.89	4428.00	16.97	2813.50	17.68
	12.00	1	2624.00	33.94	4721.00	16.97	3969.50	30.41
		3	2551.00	24.04	4629.00	35.36	3785.00	16.97
		7	2308.00	42.43	4498.00	25.46	3664.50	33.23
		14	2105.00	43.84	4435.50	36.06	3655.50	34.65
	11.00	1	2648.50	24.75	4727.00	18.38	4065.00	24.04
		3	2554.50	19.09	4637.00	21.21	3822.50	21.92
		7	2316.00	38.18	4519.00	24.04	3770.00	38.18
		14	2126.50	43.13	4445.50	31.82	3728.00	16.97

Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 61'de verilmiştir.

Tablo 61. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	Cu	4072277.444	2	2036138.722	1638.176	***
	Cr	2614606.861	2	1307303.431	1420.189	***
	As	6987376.444	2	3493688.222	3068.939	***
PH	Cu	2208800.694	2	1104400.347	888.545	***
	Cr	4525.694	2	2262.847	2.458	*
	As	8565678.694	2	4282839.347	3762.148	***
Süre	Cu	6643424.264	3	2214474.755	1781.656	***
	Cr	1592264.931	3	530754.977	576.586	***
	As	3627772.153	3	1209257.384	1062.240	***
Boyut * PH	Cu	29644.889	4	7411.222	5.963	***
	Cr	586.056	4	146.514	.159	BD
	As	47556.639	4	11889.160	10.444	***
Boyut * Süre	Cu	534192.778	6	89032.130	71.631	***
	Cr	216044.028	6	36007.338	39.117	***
	As	340892.556	6	56815.426	49.908	***
PH * Süre	Cu	59464.194	6	9910.699	7.974	***
	Cr	620.528	6	103.421	.112	BD
	As	111359.972	6	18559.995	16.304	***
Boyut * PH * Süre	Cu	59985.889	12	4998.824	4.022	***
	Cr	2661.389	12	221.782	.241	BD
	As	40505.694	12	3375.475	2.965	***
Hata	Cu	44745.500	36	1242.931		
Hata	Cu	44745.500	36	1242.931		
	Cr	33138.500	36	920.514		
	Cr	33138.500	36	920.514		
	As	40982.500	36	1138.403		
	As	40982.500	36	1138.403		
	As	40982.500	36	1138.403		
Toplam	Cu	313087849.000	72			
Toplam	Cu	313087849.000	72			
	Cr	1388730023.000	72			
	Cr	1388730023.000	72			
	As	774688873.000	72			
	As	774688873.000	72			

Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi

tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır ve arsenik konsantrasyonları üzerine pH'nın etkisi % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunurken, kromun uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi %5 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut ve pH, pH ve süre, ve boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin kromun uzaklaştırılmasında etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte bakır ve arseniğin uzaklaştırılmasında % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 62'de verilmiştir.

Tablo 62. Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2 cm	1723.62	A	4123.08	A	2811.46	A
5x5x5 cm	2096.71	B	4459.67	B	3356.13	B
5x5x10 cm	2297.63	C	4571.46	C	3546.63	C

Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunmuştur.

Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 63'de verilmiştir.

Tablo 63. Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
13	1791.75	A	4374.67	A	2751.08	A
12	2156.12	B	4385.50	A B	3457.37	B
11	2170.08	B	4394.04	B	3505.75	C

testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunduğu gözlenmiştir. Ancak, bakırın uzaklaştırılmasında pH'nın 11.00 ve 12.00 seviyelerinde istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, bakırın uzaklaştırılmasında pH'nın 13.00 durumunda diğer iki pH seviyelerine oranla istatistiksel anlamda fark bulunmuştur. Kromun uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi sadece pH'nın 13 ile 11 arasında istatistiksel anlamda fark bulunurken, pH 11 ile 12 arasında gerekse pH 12 ile 13 arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır.

Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 64'de verilmiştir.

Tablo 64. Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2450.50	A	4573.89	A	3603.17	A
3	2200.22	B	4462.83	B	3239.44	B
7	1825.67	C	4324.83	C	3078.22	C
14	1680.89	D	4177.39	D	3031.44	D

Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 65'de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden hümkik asit sodyum tuzu ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=13.00 seviyesinin en etkin olduğu belirlenmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden pH=13.00 seviyesinde 14.günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %65'i, kromun %20'si ve arseniğin %52'si

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden hümik asit sodyum tuzu ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH=13.00 seviyesinin en etkin olduğu belirlenmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden pH=13.00 seviyesinde 14.günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %65'i, kromun %20'si ve arseniğin %52'si uzaklaştırılmıştır. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden uzaklaştırılan maksimum krom miktarına pH'nın çok fazla etkili olmadığı saptanmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5cm boyutundaki örneklerden pH=13.00 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %45'i, kromun %9'u ve arseniğin %39'u uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden pH=13.00 seviyesinde 14. günün sonunda bakırın %35'i, kromun ancak %7'si ve arseniğinin %34'ü uzaklaştırılabilmektedir (Tablo 65).





Tablo 65. Hümik asit sodyum tuzu ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	13.00	1	25	8	33
	3.00	13.00	3	41	10	43
	3.00	13.00	7	64	15	50
	3.00	13.00	14	65	20	52
	3.00	12.00	1	14	8	17
	3.00	12.00	3	29	10	30
	3.00	12.00	7	43	15	34
	3.00	12.00	14	48	20	36
	3.00	11.00	1	13	8	17
	3.00	11.00	3	29	10	28
	3.00	11.00	7	42	15	33
	3.00	11.00	14	47	20	35
5x5x5 cm	1.20	13.00	1	19	3	23
	1.20	13.00	3	29	6	32
	1.20	13.00	7	43	7	38
	1.20	13.00	14	45	10	39
	1.20	12.00	1	8	2	8
	1.20	12.00	3	12	6	17
	1.20	12.00	7	28	7	19
	1.20	12.00	14	35	9	19
	1.20	11.00	1	7	2	6
	1.20	11.00	3	12	6	18
	1.20	11.00	7	28	7	17
	1.20	11.00	14	35	9	18
5x5x10 cm	0.83	13.00	1	14	1	23
	0.83	13.00	3	22	3	26
	0.83	13.00	7	30	5	33
	0.83	13.00	14	35	7	34
	0.83	12.00	1	6	1	7
	0.83	12.00	3	9	2	11
	0.83	12.00	7	17	5	14
	0.83	12.00	14	25	6	14
	0.83	11.00	1	5	1	4
	0.83	11.00	3	9	2	10
	0.83	11.00	7	17	5	11
	0.83	11.00	14	24	6	12

### 3.8.9. Sodyum Hidroksit

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri üç farklı pH seviyesine ayarlanmış sodyum hidroksit ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılamayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 66'da verilmiştir.

Tablo 66. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	pH	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	13	1	2081.00	42.43	2088.50	31.82	2432.50	31.82
		3	957.00	46.67	1685.00	39.60	2260.50	27.58
		7	552.00	25.46	1201.50	10.61	1941.00	29.70
		14	533.00	42.43	1203.50	23.33	1833.00	25.46
	12	1	2094.00	52.33	2093.00	62.23	2417.50	38.89
		3	966.00	18.38	1684.50	19.09	2242.50	17.68
		7	565.00	22.63	1191.00	25.46	1895.50	21.92
		14	539.00	25.46	1137.00	42.43	1800.00	35.36
	11	1	2087.50	41.72	2117.50	33.23	2425.50	34.65
		3	977.00	42.43	1675.00	45.25	2249.50	20.51
		7	573.00	36.77	1235.00	31.11	1899.00	25.46
		14	536.50	48.79	1182.50	27.58	1806.50	36.06
5X5X5 cm	13	1	2581.50	19.09	2567.00	33.94	2883.00	24.04
		3	1396.50	33.23	2271.00	18.38	2757.00	11.31
		7	993.00	29.70	1660.50	33.23	2574.50	21.92
		14	984.00	26.87	1677.00	52.33	2503.50	47.38
	12	1	2566.50	31.82	2547.00	42.43	2896.50	34.65
		3	1399.00	25.46	2254.50	23.33	2777.50	28.99
		7	1001.00	28.28	1674.50	36.06	2604.50	36.06
		14	973.00	22.63	1631.50	43.13	2525.00	31.11
	11	1	2585.00	19.80	2579.00	28.28	2909.00	43.84
		3	1396.50	33.23	2279.50	26.16	2791.00	19.80
		7	1012.50	12.02	1718.00	43.84	2620.00	26.87
		14	991.50	13.44	1656.00	53.74	2537.00	29.70
5X5X10 cm	13	1	2698.50	31.82	3032.00	26.87	3142.00	25.46
		3	1910.00	48.08	2640.00	22.63	3094.50	20.51
		7	1319.50	37.48	1947.50	55.86	2811.00	45.25
		14	1306.50	12.02	1996.00	31.11	2737.50	31.82
	12	1	2682.00	26.87	3022.50	27.58	3132.00	25.46
		3	1923.50	38.89	2658.50	23.33	3106.00	24.04
		7	1322.00	49.50	1982.00	41.01	2832.50	33.23
		14	1282.00	9.90	1931.50	31.82	2764.50	36.06
	11	1	2713.50	36.06	3050.00	9.90	3151.50	30.41
		3	1910.00	48.08	2635.00	19.80	3111.00	22.63
		7	1334.00	38.18	2019.00	28.28	2838.00	38.18
		14	1311.50	17.68	1949.00	16.97	2787.00	16.97

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 67'de verilmiştir.

Tablo 67. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	CU	7203164.111	2	3601582.056	3174.676	***
	CR	9037521.083	2	4518760.542	3797.677	***
	AS	9303397.861	2	4651698.931	5070.125	***
PH	CU	1488.694	2	744.347	.656	BD
	CR	6948.000	2	3474.000	2.920	*
	AS	2320.111	2	1160.056	1.264	BD
Süre	CU	27114616.556	3	9038205.519	7966.881	***
	CR	11940772.042	3	3980257.347	3345.105	***
	AS	2493918.278	3	831306.093	906.083	***
Boyut * PH	CU	681.972	4	170.493	.150	BD
	CR	720.167	4	180.042	.151	BD
	AS	8645.806	4	2161.451	2.356	*
Boyut * Süre	CU	276071.444	6	46011.907	40.558	***
	CR	116974.917	6	19495.819	16.385	***
	AS	159841.472	6	26640.245	29.037	***
PH * Süre	CU	1105.861	6	184.310	.162	BD
	CR	15574.333	6	2595.722	2.182	*
	AS	264.556	6	44.093	.048	BD
Boyut * PH * Süre	CU	1378.139	12	114.845	.101	BD
	CR	2913.833	12	242.819	.204	BD
	AS	2190.194	12	182.516	.199	BD
Hata	CU	40841.000	36	1134.472		
Hata	CU	40841.000	36	1134.472		
	CR	42835.500	36	1189.875		
	CR	42835.500	36	1189.875		
	AS	33029.000	36	917.472		
	AS	33029.000	36	917.472		
Toplam	CU	185173732.000	72			
Toplam	CU	185173732.000	72			
	CR	308145163.000	72			
	CR	308145163.000	72			
	AS	493423714.000	72			
	AS	493423714.000	72			

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine örnek boyutu, ve süre gruplarının etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. pH'nın etkisi bakır ve arseniği uzaklaştırmada etkisi istatistiksel olarak önemsiz olurken, sadece kromu uzaklaştırmada %5 anlam

düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Boyut ve sürenin karşılıklı etkileşimleri bakır, krom ve arseniği uzaklaştırılmasındaki etkinliği % 0.1 anlam düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Boyut, pH ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin bakır, krom ve arseniği uzaklaştırılmasındaki etkinliği istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 68'de verilmiştir.

Tablo 68. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2 cm	1038.42	A	1541.17	A	2100.25	A
5x5x5 cm	1490.00	B	2042.96	B	2698.21	B
5x5x10 cm	1809.42	C	2405.25	C	2958.96	C

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan farklı pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 69'da verilmiştir.

Tablo 69. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında pH'nın etkisi

pH	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
13	1442.71	A	1983.96	A	2580.83	A
12	1442.75	A	1997.46	A B	2582.83	A
11	1452.38	A	2007.96	B	2593.75	A

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan pH gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı pH gruplarının bakır ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda önemsiz olduğu bulunmuştur. Kromun uzaklaştırılmasında pH 11 ile

13 arasında fark bulunurken, gerek pH 11 ile 12 arasında, gerekse 12 ile 13 arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır.

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 70'de verilmiştir.

Tablo 70. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2454.39	A	2566.28	A	2821.06	A
3	1426.17	B	2198.11	B	2709.94	B
7	963.56	C	1625.44	C	2446.22	C
14	939.67	D	1596.00	D	2366.00	D

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar bulunmuştur.

Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 71'de verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum hidroksit ile maksimum bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında genel olarak pH'nın etkisi olmadığı tespit edilmiştir. 2x2x2 cm boyutundaki örneklerden 14. günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %81'i, kromun %76'sı ve arseniğin %58'si uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden 14. günün sonunda bakırın %65'i, kromun %66'sı ve arseniğin %41'i uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden 14.günün sonunda bakırın %54'ü, kromun %59'u ve arseniğinin %36'sı uzaklaştırılabilmektedir (Tablo 71).

Tablo 71. Sodyum hidroksit ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/ hacim oranı	pH	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	13.00	1.00	26	56	43
	3.00	13.00	3.00	66	64	47
	3.00	13.00	7.00	80	75	54
	3.00	13.00	14.00	81	75	57
	3.00	12.00	1.00	25	56	43
	3.00	12.00	3.00	65	64	47
	3.00	12.00	7.00	80	75	55
	3.00	12.00	14.00	81	76	58
	3.00	11.00	1.00	25	55	43
	3.00	11.00	3.00	65	65	47
	3.00	11.00	7.00	80	74	55
	3.00	11.00	14.00	81	75	58
5x5x5 cm	1.20	13.00	1.00	8	46	32
	1.20	13.00	3.00	50	52	35
	1.20	13.00	7.00	64	65	40
	1.20	13.00	14.00	65	65	41
	1.20	12.00	1.00	8	46	32
	1.20	12.00	3.00	50	52	35
	1.20	12.00	7.00	64	65	39
	1.20	12.00	14.00	65	66	41
	1.20	11.00	1.00	8	46	32
	1.20	11.00	3.00	50	52	34
	1.20	11.00	7.00	64	64	38
	1.20	11.00	14.00	65	65	40
5x5x10 cm	0.83	13.00	1.00	4	36	26
	0.83	13.00	3.00	32	44	27
	0.83	13.00	7.00	53	59	34
	0.83	13.00	14.00	53	58	36
	0.83	12.00	1.00	4	36	26
	0.83	12.00	3.00	31	44	27
	0.83	12.00	7.00	53	58	33
	0.83	12.00	14.00	54	59	35
	0.83	11.00	1.00	3	36	26
	0.83	11.00	3.00	32	44	27
	0.83	11.00	7.00	52	57	33
	0.83	11.00	14.00	53	59	35

### 3.8.10. Sodyum Klorür

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri iki farklı konsantrasyonda hazırlanmış sodyum klorür ile remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve 1, 3, 7 ve 14 gün sonunda odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve Tablo 72'de verilmiştir.

Tablo 72. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları

Boyut	% Konst.	Süre (Gün)	Bakır (ppm)		Krom (ppm)		Arsenik (ppm)	
			Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
2X2X2 cm	30	1	1691.00	45.25	2563.00	41.01	1888.00	32.53
	30	3	1001.50	30.41	1582.00	43.84	1392.50	38.89
	30	7	461.50	38.89	792.00	66.47	639.50	26.16
	30	14	593.50	24.75	752.00	12.73	616.50	23.33
	50	1	1516.50	36.06	2530.00	46.67	1794.00	39.60
	50	3	686.00	35.36	1566.00	33.94	1053.00	59.40
	50	7	357.50	20.51	639.00	25.46	591.00	25.46
	50	14	622.50	33.23	677.00	22.63	727.50	23.33
5X5X5 cm	30	1	2195.00	22.63	3071.00	36.77	2480.00	38.18
	30	3	1624.00	24.04	2259.00	39.60	1894.50	31.82
	30	7	1035.50	45.96	1617.00	36.77	1199.50	37.48
	30	14	1090.50	19.09	1473.50	41.72	1118.00	55.15
	50	1	2109.50	79.90	3027.00	41.01	2484.00	38.18
	50	3	1579.00	22.63	2176.50	33.23	1822.00	26.87
	50	7	1032.00	46.67	1571.50	44.55	1168.00	55.15
	50	14	1102.00	29.70	1319.50	34.65	1037.00	55.15
5X5X10 cm	30	1	2423.50	38.89	3145.00	31.11	2791.00	31.11
	30	3	1891.00	22.63	2439.50	23.33	2132.50	30.41
	30	7	1276.50	43.13	1884.50	40.31	1460.50	34.65
	30	14	1309.00	16.97	1807.00	22.63	1339.00	45.25
	50	1	2469.00	11.31	3122.50	30.41	2808.00	43.84
	50	3	1869.50	40.31	2394.00	24.04	2093.00	36.77
	50	7	1258.50	44.55	1843.00	19.80	1499.50	36.06
	50	14	1297.50	20.51	1616.50	38.89	1287.00	29.70

Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 73'de verilmiştir.

Tablo 73. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, pH ve sürenin etkilerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Boyut	CU	6219291.292	2	3109645.646	2405.373	***
	CR	6955447.167	2	3477723.583	2631.815	***
	AS	5844669.125	2	2922334.562	1955.475	***
%	CU	40020.750	1	40020.750	30.957	***
	CR	67950.750	1	67950.750	51.423	***
	AS	28763.021	1	28763.021	19.247	***
Süre	CU	10117264.167	3	3372421.389	2608.635	***
	CR	20379611.500	3	6793203.833	5140.849	***
	AS	14410511.729	3	4803503.910	3214.255	***
Boyut * %	CU	43544.625	2	21772.312	16.841	***
	CR	300.500	2	150.250	.114	BD
	AS	14152.542	2	7076.271	4.735	*
Boyut * Süre	CU	138594.208	6	23099.035	17.868	***
	CR	366043.500	6	61007.250	46.168	***
	AS	129544.708	6	21590.785	14.447	***
% * Süre	CU	29487.750	3	9829.250	7.603	***
	CR	20121.417	3	6707.139	5.076	***
	AS	41685.729	3	13895.243	9.298	***
Boyut * % * Süre	CU	41062.875	6	6843.812	5.294	***
	CR	17123.833	6	2853.972	2.160	BD
	AS	73067.958	6	12177.993	8.149	***
Hata	CU	31027.000	24	1292.792		
	CR	31714.000	24	1321.417		
	AS	35866.500	24	1494.438		
Toplam	CU	104637798.000	48			
	CR	203161098.000	48			
	CR	203161098.000	48			
	AS	136615473.000	48			
	AS	136615473.000	48			

Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine boyut, yüzde tuz miktarı ve sürenin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur. Boyut ve yüzde tuz miktarının karşılıklı etkileşimlerinin ve boyut, yüzde tuz miktarı ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin krom konsantrasyonlarına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yüzde tuz miktarı ve sürenin karşılıklı etkileşimlerinin arseniğin uzaklaştırılmasındaki etkisi % 5 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.



Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 74’de verilmiştir.

Tablo 74. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutunun etkisi

BOYUT	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
2x2x2cm	866.25	A	1387.63	A	1087.75	A
5x5x5cm	1470.94	B	2064.38	B	1650.38	B
5x5x10cm	1724.31	C	2281.50	C	1926.31	C

Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek boyutu gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı örnek boyutlarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan uygulanan farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 75’de verilmiştir.

Tablo 75. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında sürenin etkisi

Süre	Bakır	HG	Krom	HG	Arsenik	HG
1	2067.42	A	2909.75	A	2374.17	A
3	1441.83	B	2069.50	B	1731.25	B
7	1002.50	C	1391.17	C	1093.00	C
14	903.58	D	1274.25	D	1020.83	D

Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan odun örnekleri üzerine etkileri araştırılan örnek farklı süre gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre; farklı süre gruplarının bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında istatistiksel anlamda etkili olduğu ve bütün gruplar arasında farklar olduğu bulunmuştur.

Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulmuş odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları Tablo 76’da verilmiştir.

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum klorür ile bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında genel olarak %50 çözelti konsantrasyonu en etkin olduğu belirlenmiştir.

2x2x2 cm boyutundaki örneklerden %50 çözelti konsantrasyonu seviyesinde 7. günün sonunda odun örneklerinde bulunan toplam bakırın %87'si ve kromun %87'si, arseniğin %86'sı uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, 5x5x5 cm boyutundaki örneklerden %50 çözelti konsantrasyonu seviyesinde 7. günün sonunda bakırın %63'ü, 14. günün sonunda kromun %72'si ve arseniğin %76'sı uzaklaştırılmıştır. 5x5x10 cm boyutundaki örneklerden %50 çözelti konsantrasyonu seviyesinde 7. günün sonunda bakırın %55'i, 14. günün sonunda kromun %66'si ve arseniğin %70'i uzaklaştırılmıştır (Tablo 76).

Tablo 76. Sodyum klorür ile uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik yüzde oranları

Örnek boyutu	Yüzey alanı/ hacim oranı	% Konst.	Süre (Gün)	Cu (%)	Cr (%)	As (%)
2x2x2 cm	3.00	30	1.00	40	46	56
	3.00	30	3.00	64	67	67
	3.00	30	7.00	84	83	85
	3.00	30	14.00	79	84	86
	3.00	50	1.00	46	47	58
	3.00	50	3.00	75	67	75
	3.00	50	7.00	87	87	86
	3.00	50	14.00	78	86	83
5x5x5 cm	1.20	30	1.00	22	35	42
	1.20	30	3.00	42	52	55
	1.20	30	7.00	63	66	72
	1.20	30	14.00	61	69	74
	1.20	50	1.00	25	36	42
	1.20	50	3.00	44	54	57
	1.20	50	7.00	63	67	73
	1.20	50	14.00	61	72	76
5x5x10 cm	0.83	30	1.00	13	34	34
	0.83	30	3.00	32	49	50
	0.83	30	7.00	54	60	66
	0.83	30	14.00	53	62	69
	0.83	50	1.00	12	34	34
	0.83	50	3.00	33	50	51
	0.83	50	7.00	55	61	65
	0.83	50	14.00	54	66	70

### 3.9. CCA ile Emprenyeli Odun Örneklerinden Bakır, Krom ve Arseniğin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Kimyasal Maddelerin Etkisi

Üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri farklı pH seviyelerine ayarlanmış 10 farklı kimyasal madde ile 1, 3, 7 ve 14 gün süreyle remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve CCA ile empreyenli bu odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına kullanılan kimyasal maddelerin etkinliğini belirlemek amacıyla çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 77’de verilmiştir.

Tablo 77. Farklı kimyasal maddeler ile remidasyona tabi tutulmuş CCA ile empreyenli odun örneklerinden uzaklaştırılmayan bakır, krom ve arsenik miktarları üzerine kimyasal maddelerin etkinliklerini belirlemek amacıyla ÇVA sonuçları

Varyans kaynağı	Bağımlı değişkenler	Kareler ortalaması	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	F-Hesap	Önem düzeyi
Kimyasal maddeler	CU	80416900.932	9	8935211.215	22.145	***
	CR	668310086.193	9	74256676.244	93.648	***
	AS	447452367.719	9	49716929.747	79.400	***
Hata	CU	325203955.861	806	403478.853		
	CR	639102005.802	806	792930.528		
	AS	504685564.250	806	626160.750		
Toplam	CU	2224993673.000	816			
	CR	9064671764.000	816			
	AS	4863990591.000	816			

Buna göre; üç farklı boyutta hazırlanan odun örnekleri farklı pH seviyesine ayarlanmış 10 farklı kimyasal maddeler ile 1, 3, 7 ve 14 gün süreyle remidasyon işlemine tabi tutulmuş CCA ile empreyenli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına kullanılan kimyasal maddelerin etkileri % 0.1 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.

Farklı kimyasal maddeler ile remidasyona tabi tutulan odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları üzerine etkileri araştırılan kimyasal madde gruplarının homojenlik sınıflarını belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 78-86’da verilmiştir.

Tablo 78. CCA ile emprenyeli 2X2X2 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. bakır miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	90.50	A
Oleik asit	99.00	A
Fosforik asit	126.00	A
Sitrik asit	210.00	B
NaCl	357.50	C
Oksalik asit	528.00	D
NaOH	533.00	D
Amonyum Sülfat	818.00	E F
Hümik asit sodyum tuzu	989.00	F
Resorsinol	1483.00	G

Tablo 79. CCA ile emprenyeli 2X2X2 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan kromun uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. krom miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	379.00	A
Fosforik asit	474.50	A B
Oleik asit	614.00	B
NaCl	639.00	B C
Sitrik asit	782.00	C
NaOH	1337.00	D
Oksalik asit	2271.00	E
Amonyum Sülfat	2827.00	F
Resorsinol	3762.00	G
Hümik asit sodyum tuzu	3791.00	G

Tablo 80. CCA ile emprenyeli 2X2X2 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan arseniğin uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. arsenik miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	110.00	A
Oleik asit	129.00	A
Fosforik asit	149.00	A
Sitrik asit	375.00	B
NaCl	591.00	C
Amonyum Sülfat	1119.00	D
Oksalik asit	1222.50	D
NaOH	1800.00	D
Hümik asit sodyum tuzu	2059.00	E
Resorsinol	2774.00	F

Tablo 81. CCA ile emprenyeli 5X5X5 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. bakır miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	527.00	A
Oleik asit	558.00	A
Fosforik asit	643.00	A B
Sitrik asit	770.00	B
Oksalik asit	916.00	C
NaOH	973.00	C
NaCl	1032.50	C
Amonyum Sülfat	1461.50	D
Hümik asit sodyum tuzu	1537.50	D E
Resorsinol	1784.00	E

Tablo 82. CCA ile emprenyeli 5X5X5 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan kromun uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. krom miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	868.50	A
Fosforik asit	933.50	A
Oleik asit	1048.00	A
Sitrik asit	1355.00	B
NaCl	1473.50	B C
NaOH	1631.50	C
Oksalik asit	2679.50	D
Amonyum Sülfat	3555.00	E
Resorsinol	4249.00	F
Hümik asit sodyum tuzu	4278.50	F

Tablo 83. CCA ile emprenyeli 5X5X5 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan arseniğin uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. arsenik miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	300.00	A
Oleik asit	340.00	A
Fosforik asit	361.50	A
Sitrik asit	767.50	B
NaCl	1118.00	C
Amonyum Sülfat	1645.50	D
Oksalik asit	1703.00	D
NaOH	2503.50	E
Hümik asit sodyum tuzu	2594.50	E
Resorsinol	3444.00	F

Tablo 84. CCA ile emprenyeli 5X5X10 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. bakır miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	811.50	A
Fosforik asit	864.50	A
Oleik asit	924.00	A B
Sitrik asit	993.00	A B
Oksalik asit	1047.00	B C
NaCl	1258.50	C
NaOH	1282.00	C
Amonyum Sülfat	1696.50	D
Hümik asit sodyum tuzu	1806.50	D
Resorsinol	2084.00	E

Tablo 85. CCA ile emprenyeli 5X5X10 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan kromun uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. krom miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	1215.50	A
Fosforik asit	1265.00	A
Oleik asit	1360.00	A B
Sitrik asit	1559.00	B C
NaCl	1616.50	C
NaOH	1931.50	D
Oksalik asit	2899.00	E
Amonyum Sülfat	3990.00	F
Resorsinol	4399.00	G
Hümik asit sodyum tuzu	4428.00	G

Tablo 86. CCA ile emprenyeli 5X5X10 cm boyutundaki odun örneklerinden uzaklaştırılan arseniğin uzaklaştırılmasında kimyasal maddelerin etkisi

Kimyasal Maddeler	Odunda kalan min. arsenik miktarı (ppm)	HG
Kromotropik asit	720.00	A
Oleik asit	721.00	A
Fosforik asit	836.00	A B
Sitrik asit	932.00	B
NaCl	1287.00	C
Oksalik asit	1960.00	D
Amonyum Sülfat	2368.00	E
NaOH	2764.50	F
Hümik asit sodyum tuzu	2813.50	F
Resorsinol	3678.00	G

Üç farklı boyutta hazırlanan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutuna bağlı kalmaksızın kromotropik asit, oleik asit ve fosforik asit en çok etkili olurken, amonyum sülfat, hümik asit sodyum tuzu ve resorsinol bu çalışma kapsamından remidasyon işleminde kullanılan 10 kimyasal madde içerisinde en az etkili olan kimyasal maddeler olarak belirlenmiştir.

### 3.10. CCA ile Emprenyeli Odun Örneklerinden Uzaklaştırılan Bakır, Krom ve Arsenik Miktarlarını Etkileyen Faktörler

91

1159

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bu çalışma kapsamında kullanılan her bir kimyasal madde için uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarını tahmin etmek ve uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarını etkileyen istatistiksel anlamda önemli faktörleri belirlemek amacıyla asitlik derecesi (PH), örnek yüzey alanının hacmine oranı (B), örneklerin remidasyon işlemine tabi tutulma süresi (S), remidasyon işleminde kullanılan çözeltinin pH'sının logaritması (LOGPH), örnek yüzey alanının hacmine oranının logaritması (LOGB), remidasyon süresinin logaritması (LOGS), remidasyon işleminde kullanılan çözeltinin pH'sının karesi (PHKARE), örnek yüzey alanının hacmine oranının karesi (B2), remidasyon süresinin karesi (S2), remidasyon işleminde kullanılan çözeltinin pH'sı ile örnek yüzey alanının hacmine oranının çarpılmasıyla elde edilen değer (PHXB), remidasyon işleminde kullanılan çözeltinin pH'sı ile remidasyon süresinin çarpılmasıyla elde edilen değer (PHXS), örnek yüzey alanının hacmine oranı ile remidasyon süresinin çarpılmasıyla elde edilen değer (BXS), bu üç faktörün çarpılmasıyla elde edilen değer (PHXBXS), her bir faktörün karelerinin birbirleriyle çarpılmasıyla elde edilen değer (PH2XB2, PH2XS2, B2XS2), pH, süre ve örnek yüzey alanının hacmine oranının 1'e bölünmesiyle elde edilen değer (BBPH, BBB, BBS), ve bu üç faktörün kareköklerinin 1'e bölünmesiyle elde edilen değer (BBKKPH, BBKKB, BBKKS) regasyon modeline konulmuş ve Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regasyon analizi yapılmıştır.



### 3.10.1. Fosforik Asit

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 87). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 88). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 89).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden fosforik asit ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 5942.96 - 508.59PH - 1180.22BBB - 1134.23BBS$$

Tablo 87 incelendiğinde en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan 5. Model; CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarını tahmin etmek için en uygun olarak belirlenmiştir. Model belirlendikten sonra, Tablo 89'dan 5. modele ait katsayılar alınarak yukarıdaki model oluşturulmuştur.

Tablo 87. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.667	.445	.439	658.1754
2	.831	.690	.684	494.1337
3	.877	.768	.761	429.5826
4	.951	.904	.899	278.4886
5	.951	.904	.900	277.1151
6	.956	.914	.910	263.6651
7	.961	.924	.920	248.3963

- 1 Tahmini model: (Sabit), PH
- 2 Tahmini model: (Sabit), PH, PHXBXS
- 3 Tahmini model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB
- 4 Tahmini model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS
- 5 Tahmini model: (Sabit), PH, BBB, BBS
- 6 Tahmini model: (Sabit), PH, BBB, BBS, PH2XB2
- 7 Tahmini model: (Sabit), PH, BBB, BBS, PH2XB2, BBKKB

Tablo 88. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	32591037.167	1	32591037.167	75.234	***
	Kalan	40720321.322	94	433194.908		
	Toplam	73311358.490	95			
2	Regrasyon	50603728.418	2	25301864.209	103.625	***
	Kalan	22707630.071	93	244168.065		
	Toplam	73311358.490	95			
3	Regrasyon	56333569.751	3	18777856.584	101.754	***
	Kalan	16977788.738	92	184541.182		
	Toplam	73311358.490	95			
4	Regrasyon	66253774.080	4	16563443.520	213.568	***
	Kalan	7057584.410	91	77555.873		
	Toplam	73311358.490	95			
5	Regrasyon	66246421.170	3	22082140.390	287.555	***
	Kalan	7064937.320	92	76792.797		
	Toplam	73311358.490	95			
6	Regrasyon	66985105.820	4	16746276.455	240.887	***
	Kalan	6326252.669	91	69519.260		
	Toplam	73311358.490	95			
7	Regrasyon	67758293.689	5	13551658.738	219.635	***
	Kalan	5553064.800	90	61700.720		
	Toplam	73311358.490	95			

1 Tahmini model: (Sabit), PH

2 Tahmini model: (Sabit), PH, PHXBXS

3 Tahmini model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB

4 Tahmini model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS

5 Tahmini model: (Sabit), PH, BBB, BBS

6 Tahmini model: (Sabit), PH, BBB, BBS, PH2XB2

7 Tahmini model: (Sabit), PH, BBB, BBS, PH2XB2, BBKKB

Tablo 89. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	4571,163	202,057	22,623	***
	PH	-508,585	58,635	-8,674	***
2	(Sabit)	4571,163	151,697	30,134	***
	PH	-625,620	46,082	-13,576	***
	PHXBXS	11,168	1,300	8,589	***
3	(Sabit)	5186,640	172,025	30,150	***
	PH	-589,771	40,575	-14,535	***
	PHXBXS	7,747	1,286	6,022	***
	BBB	-778,597	139,729	-5,572	***
4	(Sabit)	5922,308	129,104	45,872	***
	PH	-512,009	27,188	-18,832	***
	PHXBXS	,327	1,061	,308	BD
	BBB	-1163,284	96,759	-12,023	***
	BBS	-1115,455	98,628	-11,310	***
5	(Sabit)	5942,963	109,766	54,142	***
	PH	-508,585	24,687	-20,601	***
	BBB	-1180,222	79,208	-14,900	***
	BBS	-1134,233	77,131	-14,705	***
6	(Sabit)	5812,725	111,820	51,983	***
	PH	-575,243	31,143	-18,471	***
	BBB	-883,020	118,290	-7,465	***
	BBS	-1134,233	73,387	-15,455	***
	PH2XB2	2,541	,780	3,260	**
7	(Sabit)	3504,596	660,478	5,306	***
	PH	-609,709	30,913	-19,723	***
	BBB	-4206,528	945,448	-4,449	***
	BBS	-1134,233	69,137	-16,405	***
	PH2XB2	3,855	,823	4,685	***
	BBKKB	5784,095	1633,947	3,540	**

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 90). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 91). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 92).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerini sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden fosforik asit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{ Uzaklaştırılan krom miktarı} = -16050.09 - 577.03\text{PHKARE} - 1090.73\text{BBB} - 3182.52\text{BBKKS} + 4966.31\text{PH} + 19671.42\text{BBKKPH} + 1112.87\text{BBS}$$

Tablo 90. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.809	.654	.651	658.7451
2	.933	.871	.868	404.5813
3	.967	.936	.934	286.6388
4	.975	.951	.949	252.8368
5	.986	.972	.970	193.0331
6	.988	.976	.975	177.2168
7	.990	.979	.977	167.2561
8	.990	.981	.979	159.6733
9	.990	.980	.979	160.9019

1 Tahmini model: (Sabit), PHKARE

2 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS

3 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2

4 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB

5 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB, BBKKS

6 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB, BBKKS, PH

7 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB, BBKKS, PH, BBKKPH

8 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, B2XS2, BBB, BBKKS, PH, BBKKPH, BBS

9 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBKKS, PH, BBKKPH, BBS

Tablo 91. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	77264137.501	1	77264137.501	178.050	***
1	Kalan	40790843.406	94	433945.143		
	Toplam	118054980.906	95			
2	Regrasyon	102832179.772	2	51416089.886	314.114	***
	Kalan	15222801.134	93	163686.034		
	Toplam	118054980.906	95			
3	Regrasyon	110496094.202	3	36832031.401	448.287	***
	Kalan	7558886.704	92	82161.812		
	Toplam	118054980.906	95			
4	Regrasyon	112237673.878	4	28059418.469	438.933	***
	Kalan	5817307.028	91	63926.451		
	Toplam	118054980.906	95			
5	Regrasyon	114701421.591	5	22940284.318	615.652	***
	Kalan	3353559.315	90	37261.770		
	Toplam	118054980.906	95			
6	Regrasyon	115259864.091	6	19209977.349	611.670	***
	Kalan	2795116.815	89	31405.807		
	Toplam	118054980.906	95			
7	Regrasyon	115593214.788	7	16513316.398	590.296	***
	Kalan	2461766.118	88	27974.615		
	Toplam	118054980.906	95			
8	Regrasyon	115811370.028	7	16544481.433	648.916	***
	Kalan	2243610.878	88	25495.578		
	Toplam	118054980.906	95			
9	Regrasyon	115750821.976	6	19291803.663	745.162	***
	Kalan	2304158.930	89	25889.426		
	Toplam	118054980.906	95			

1 Tahmini model: (Sabit), PHKARE

2 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS

3 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2

4 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB

5 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB, BBKKS

6 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB, BBKKS, PH

7 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BXS, B2XS2, BBB, BBKKS, PH, BBKPH

8 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, B2XS2, BBB, BBKKS, PH, BBKPH, BBS

9 Tahmini model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBKKS, PH, BBKPH, BBS

Tablo 92. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

	Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	981.785	118.758	8.267	***
	PHKARE	110.000	8.244	13.344	***
2	(Sabit)	1462.284	82.450	17.735	***
	PHKARE	110.000	5.063	21.726	***
	BXS	-45.853	3.669	-12.498	***
3	(Sabit)	1825.827	69.492	26.274	***
	PHKARE	110.000	3.587	30.666	***
	BXS	-124.259	8.524	-14.577	***
	B2XS2	1.937	.201	9.658	***
4	(Sabit)	1397.252	102.466	13.636	***
	PHKARE	110.000	3.164	34.766	***
	BXS	-115.342	7.711	-14.959	***
	B2XS2	1.890	.177	10.672	***
	BBBOYUT	437.899	83.896	5.220	***
5	(Sabit)	-358.180	229.620	-1.560	BD
	PHKARE	110.000	2.416	45.536	***
	BXS	-27.385	12.315	-2.224	*
	B2XS2	.460	.222	2.074	*
	BBB	942.879	89.215	10.569	***
	BBKKS	1390.744	171.033	8.131	***
6	(Sabit)	561.802	303.376	1.852	*
	PHKARE	190.582	19.238	9.907	***
	BXS	-27.385	11.306	-2.422	BD
	B2XS2	.460	.204	2.259	*
	BBB	942.879	81.905	11.512	***
	BBKKS	1390.744	157.020	8.857	***
	PH	-577.507	136.953	-4.217	***
	BBKKPH	-19671.420	5698.586	-3.452	***
7	(Sabit)	21652.111	6116.327	3.540	**
	PHKARE	577.034	113.414	5.088	***
	BXS	-27.385	10.671	-2.566	BD
	B2XS2	.460	.192	2.394	*
	BBB	942.879	77.302	12.197	***
	BBKKS	1390.744	148.194	9.385	***
	PH	-4966.314	1277.941	-3.886	***
	BBKKPH	-19671.420	5698.586	-3.452	***
	BBS	-1366.258	343.899	-3.973	***
8	(Sabit)	20616.509	5838.201	3.531	***
	PHKARE	577.034	108.272	5.329	***
	B2XS2	7.851E-02	.051	1.541	BD
	BBB	1140.023	55.733	20.455	***
	BBKKS	3571.404	469.699	7.604	***
	PH	-4966.314	1220.004	-4.071	***
	BBKKPH	-19671.420	5440.232	-3.616	***
	BBS	-1366.258	343.899	-3.973	***
9	(Sabit)	-16050,087	5882,001	-2,729	**
	PHKARE	-577,034	109,105	-5,289	***
	BBB	-1090,728	45,991	-23,716	***
	BBKKS	-3182,518	399,200	-7,972	***
	PH	4966,314	1229,391	4,040	***
	BBKKPH	19671,420	5482,091	3,588	**
	BBS	1112,868	304,368	3,656	***

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 93). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 94). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 95).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden fosforik asit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{ Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 4866.26 - 1063.82\text{BBS} - 1973.84\text{BBKKB} - 325.51\text{PH} + 1.26\text{PH2S2} - 13.52\text{BXS}$$

Tablo 93. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.607	.369	.362	498.9995
2	.824	.680	.673	357.3800
3	.962	.925	.923	173.8571
4	.968	.937	.935	159.6893
5	.977	.955	.952	136.9193
6	.982	.963	.961	123.4709
7	.984	.969	.966	114.7532

1 Tahmini model: (Sabit), BBS

2 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB

3 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH

4 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2

5 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2, BXS

6 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2, BXS, PHXBXS

7 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2, BXS, PHXBXS, PHXS

Tablo 94. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	13684124.686	1	13684124.686	54.956	***
	Kalan	23406050.804	94	249000.540		
	Toplam	37090175.490	95			
2	Regrasyon	25212169.167	2	12606084.584	98.701	***
	Kalan	11878006.322	93	127720.498		
	Toplam	37090175.490	95			
3	Regrasyon	34309356.977	3	11436452.326	378.361	***
	Kalan	2780818.512	92	30226.288		
	Toplam	37090175.490	95			
4	Regrasyon	34769615.513	4	8692403.878	340.870	***
	Kalan	2320559.976	91	25500.659		
	Toplam	37090175.490	95			
5	Regrasyon	35402956.076	5	7080591.215	377.694	***
	Kalan	1687219.414	90	18746.882		
	Toplam	37090175.490	95			
6	Regrasyon	35733364.133	6	5955560.689	390.655	***
	Kalan	1356811.357	89	15245.071		
	Toplam	37090175.490	95			
7	Regrasyon	35931364.644	7	5133052.092	389.804	***
	Kalan	1158810.846	88	13168.305		
	Toplam	37090175.490	95			

1 Tahmini model: (Sabit), BBS

2 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB

3 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH

4 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2

5 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2, BXS

6 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2, BXS, PHXBXS

7 Tahmini model: (Sabit), BBS, BBKKB, PH, PH2XS2, BXS, PHXBXS, PHXS



Tablo 95. Fosforik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	2046,125	74,036	27,637	***
	BBS	-1029,618	138,889	-7,413	***
2	(Sabit)	3434,151	155,425	22,095	***
	BBS	-1029,618	99,471	-10,351	***
	BBKKB	-1609,079	169,367	-9,501	***
3	(Sabit)	4307,427	90,834	47,421	***
	BBS	-1029,618	48,391	-21,277	***
	BBKKB	-1609,079	82,393	-19,529	***
	PH	-268,700	15,488	-17,348	***
4	(Sabit)	4313,098	83,442	51,690	***
	BBS	-912,624	52,287	-17,454	***
	BBKKB	-1609,079	75,679	-21,262	***
	PH	-301,130	16,145	-18,652	***
	PH2XS2	7,194E-02	,017	4,248	***
5	(Sabit)	4866,256	119,062	40,872	***
	BBS	-1063,819	51,831	-20,525	***
	BBKKB	-1973,835	90,270	-21,866	***
	PH	-325,510	14,464	-22,504	***
	PH2XS2	,126	,017	7,308	***
	BXS	-13,524	2,327	-5,812	***
6	(Sabit)	4903,335	107,662	45,544	***
	BBS	-1080,677	46,881	-23,052	***
	BBKKB	-1876,138	84,065	-22,318	***
	PH	-360,934	15,101	-23,902	***
	PH2XS2	7,627E-02	,019	4,042	***
	BXS	-27,844	3,723	-7,478	***
	PHXBXS	5,521	1,186	4,655	***
7	(Sabit)	4868,202	100,470	48,454	***
	BBS	-885,766	66,520	-13,316	***
	BBKKB	-1979,941	82,588	-23,974	***
	PH	-392,594	16,237	-24,179	***
	PH2XS2	-,101	,049	-2,063	*
	BXS	-35,125	3,937	-8,921	***
	PHXBXS	6,577	1,135	5,793	***
	PHXS	16,085	4,148	3,878	***

### 3.10.2. Kromotropik Asit

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 96). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 97). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 98).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromotropik asit ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 5943.80 - 489.24PH - 1144.94BBB - 1118.48BBS$$

Tablo 96. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.664	.441	.435	637.3061
2	.824	.678	.671	486.1739
3	.872	.761	.753	421.6078
4	.955	.913	.909	256.2390
5	.955	.912	.910	255.0661
6	.961	.923	.920	240.5249
7	.974	.949	.946	196.8396

1 Model: (Sabit), PH

2 Model: (Sabit), PH, PHXBXS

3 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB

4 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS

5 Model: (Sabit), PH, BBB, BBS

6 Model: (Sabit), PH, BBB, BBS, BXS

7 Model: (Sabit), PH, BBB, BBS, BXS, PHXBXS

Tablo 97. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	30158348.524	1	30158348.524	74.253	***
	Kalan	38178948.382	94	406159.025		
	Toplam	68337296.906	95			
2	Regrasyon	46355342.365	2	23177671.182	98.059	***
	Kalan	21981954.542	93	236365.103		
	Toplam	68337296.906	95			
3	Regrasyon	51984012.126	3	17328004.042	97.484	***
	Kalan	16353284.781	92	177753.095		
	Toplam	68337296.906	95			
4	Regrasyon	62362382.198	4	15590595.550	237.450	***
	Kalan	5974914.708	91	65658.403		
	Toplam	68337296.906	95			
5	Regrasyon	62351894.741	3	20783964.914	319.465	***
	Kalan	5985402.166	92	65058.719		
	Toplam	68337296.906	95			
6	Regrasyon	63072742.654	4	15768185.663	272.560	***
	Kalan	5264554.252	91	57852.245		
	Toplam	68337296.906	95			
7	Regrasyon	64850171.002	5	12970034.200	334.746	***
	Kalan	3487125.904	90	38745.843		
	Toplam	68337296.906	95			

1 Model: (Sabit), PH

2 Model: (Sabit), PH, PHXBXS

3 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB

4 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS

5 Model: (Sabit), PH, BBB, BBS

6 Model: (Sabit), PH, BBB, BBS, BXS

7 Model: (Sabit), PH, BBB, BBS, BXS, PHXBXS

Tablo 98. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	4605,986	195,650	23,542	***
	PH	-489,236	56,776	-8,617	***
2	(Sabit)	4605,986	149,253	30,860	***
	PH	-600,216	45,339	-13,238	***
	PHXBXS	10,591	1,279	8,278	***
3	(Sabit)	5216,005	168,832	30,895	***
	PH	-564,684	39,822	-14,180	***
	PHXBXS	7,200	1,263	5,703	***
	BBB	-771,692	137,135	-5,627	***
4	(Sabit)	5968,471	118,789	50,244	***
	PH	-485,147	25,016	-19,394	***
	PHXBXS	-,390	,976	-,400	BD
	BBB	-1165,163	89,028	-13,088	***
	BBS	-1140,923	90,748	-12,572	***
5	(Sabit)	5943,804	101,032	58,831	***
	PH	-489,236	22,723	-21,530	***
	BBB	-1144,935	72,906	-15,704	***
	BBS	-1118,497	70,994	-15,755	***
6	(Sabit)	6302,818	139,360	45,227	***
	PH	-489,236	21,428	-22,832	***
	BBB	-1336,267	87,547	-15,263	***
	BBS	-1330,616	89,960	-14,791	***
	BXS	-11,995	3,398	-3,530	**
7	(Sabit)	6662,214	125,788	52,964	***
	PH	-599,820	23,960	-25,034	***
	PHXBXS	10,553	1,558	6,773	***
	BBB	-1336,267	71,647	-18,651	***
	BBS	-1330,616	73,621	-18,074	***
	BXS	-46,291	5,777	-8,013	***

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 99). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 100). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 101).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromotropik asit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 5529.02 - 126.93\text{PHK} - 1175.92\text{BBB} - 932.66\text{BBS}$$

Tablo 99. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.875	.766	.764	578.0980
2	.945	.892	.890	394.7156
3	.988	.976	.975	188.2800
4	.989	.977	.976	183.0823

1 Model: (Sabit), PHKARE

2 Model: (Sabit), PHKARE, BBB

3 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS

4 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH

Tablo 100. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	102882601.923	1	102882601.923	307.850	***
	Kalan	31414549.911	94	334197.339		
	Toplam	134297151.833	95			
2	Regrasyon	119807714.562	2	59903857.281	384.491	***
	Kalan	14489437.272	93	155800.401		
	Toplam	134297151.833	95			
3	Regrasyon	131035809.398	3	43678603.133	1232.140	***
	Kalan	3261342.435	92	35449.374		
	Toplam	134297151.833	95			
4	Regrasyon	131246910.569	4	32811727.642	978.895	***
	Kalan	3050241.264	91	33519.135		
	Toplam	134297151.833	95			

1 Model: (Sabit), PHKARE

2 Model: (Sabit), PHKARE, BBB

3 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS

4 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH

Tablo 101. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	4238,617	104,219	40,670	***
1	PHKARE	-126,933	7,234	-17,546	***
2	(Sabit)	5168,175	114,095	45,297	***
	PHKARE	-126,933	4,940	-25,697	***
	BBB	-1175,918	112,822	-10,423	***
3	(Sabit)	5529,024	58,078	95,200	***
	PHKARE	-126,933	2,356	-53,872	***
	BBB	-1175,918	53,817	-21,851	***
	BBS	-932,655	52,405	-17,797	***
4	(Sabit)	4963,390	232,358	21,361	***
	PHKARE	-176,477	19,875	-8,879	***
	BBB	-1175,918	52,331	-22,471	***
	BBS	-932,655	50,958	-18,302	***
	PH	355,069	141,486	2,510	*

CCA ile empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 102). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 103). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 104).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile empenyeli odun örneklerinden kromotropik asit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmiştir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 3452.52 - 67.64\text{PHKARE} - 754.37\text{BBB} - 955.88\text{BBS} + 1.77\text{PH2XB2} + 0.20\text{B2XS2} - 2.96\text{S2}$$

Tablo 102. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.614	.377	.371	510.7922
2	.826	.682	.675	367.0283
3	.882	.778	.771	308.0924
4	.958	.919	.915	187.7862
5	.958	.917	.915	188.0556
6	.963	.926	.923	178.4538
7	.967	.935	.932	168.2860
8	.985	.970	.968	115.7208
9	.987	.974	.972	107.6315

- 1 Model: (Sabit), PHKARE
- 2 Model: (Sabit), PHKARE, PHXBXS
- 3 Model: (Sabit), PHKARE, PHXBXS, BBB
- 4 Model: (Sabit), PHKARE, PHXBXS, BBB, BBS
- 5 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS
- 6 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2
- 7 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2, B2XS2
- 8 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2, B2XS2, S2
- 9 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2, B2XS2, S2, BXS

Tablo 103. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	14854590.911	1	14854590.911	56.934	***
	Kalan	24525412.922	94	260908.648		
	Toplam	39380003.833	95			
2	Regrasyon	26851997.241	2	13425998.620	99.666	***
	Kalan	12528006.593	93	134709.748		
	Toplam	39380003.833	95			
3	Regrasyon	30647278.599	3	10215759.533	107.624	***
	Kalan	8732725.234	92	94920.926		
	Toplam	39380003.833	95			
4	Regrasyon	36171009.945	4	9042752.486	256.433	***
	Kalan	3208993.888	91	35263.669		
	Toplam	39380003.833	95			
5	Regrasyon	36126431.408	3	12042143.803	340.511	***
	Kalan	3253572.425	92	35364.918		
	Toplam	39380003.833	95			
6	Regrasyon	36482039.131	4	9120509.783	286.396	***
	Kalan	2897964.702	91	31845.766		
	Toplam	39380003.833	95			
7	Regrasyon	36831186.841	5	7366237.368	260.106	***
	Kalan	2548816.992	90	28320.189		
	Toplam	39380003.833	95			
8	Regrasyon	38188178.288	6	6364696.381	475.286	***
	Kalan	1191825.545	89	13391.298		
	Toplam	39380003.833	95			
9	Regrasyon	38360565.033	7	5480080.719	473.052	***
	Kalan	1019438.800	88	11584.532		
	Toplam	39380003.833	95			

1 Model: (Sabit), PHKARE

2 Model: (Sabit), PHKARE, PHXBXS

3 Model: (Sabit), PHKARE, PHXBXS, BBB

4 Model: (Sabit), PHKARE, PHXBXS, BBB, BBS

5 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS

6 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2

7 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2, B2XS2

8 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2, B2XS2, S2

9 Model: (Sabit), PHKARE, BBB, BBS, PH2XB2, B2XS2, S2, BXS



Tablo 104. Kromotropik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	2297,794	92,085	24,953	***
	PHKARE	-48,232	6,392	-7,545	***
2	(Sabit)	2145,733	68,101	31,508	***
	PHKARE	-61,551	4,805	-12,810	***
	PHXBXS	9,109	,965	9,437	***
3	(Sabit)	2692,964	103,718	25,964	***
	PHKARE	-57,486	4,084	-14,075	***
	PHXBXS	6,329	,922	6,865	***
	BBB	-633,551	100,194	-6,323	***
4	(Sabit)	3333,505	81,338	40,984	***
	PHKARE	-49,406	2,572	-19,211	***
	PHXBXS	,803	,715	1,124	BD
	BBB	-919,987	65,217	-14,107	***
	BBS	-831,930	66,471	-12,516	***
5	(Sabit)	3397,706	58,008	58,573	***
	PHKARE	-48,232	2,353	-20,495	***
	BBB	-961,637	53,752	-17,890	***
	BBS	-878,104	52,342	-16,776	***
6	(Sabit)	3233,860	73,717	43,868	***
	PHKARE	-54,806	2,976	-18,415	***
	BBB	-754,367	80,306	-9,394	***
	BBS	-878,104	49,670	-17,679	***
	PH2XB2	1,772	,530	3,342	**
7	(Sabit)	3194,358	70,421	45,361	***
	PHKARE	-58,808	3,029	-19,414	***
	BBB	-754,367	75,731	-9,961	***
	BBS	-776,008	55,131	-14,076	***
	PH2XB2	1,772	,500	3,544	**
	B2XS2	6,278E-02	,018	3,511	**
8	(Sabit)	3452,518	54,797	63,006	***
	PHKARE	-67,636	2,260	-29,926	***
	BBB	-754,367	52,076	-14,486	***
	BBS	-955,883	41,911	-22,808	***
	PH2XB2	1,772	,344	5,153	***
	B2XS2	,201	,018	10,908	***
	S2	-2,958	,294	-10,066	***
9	(Sabit)	3604,831	64,471	55,914	***
	PHKARE	-68,314	2,109	-32,385	***
	BBB	-868,489	56,756	-15,302	***
	BBS	-1006,338	41,117	-24,475	***
	PH2XB2	1,955	,323	6,046	***
	B2XS2	,201	,017	11,728	***
	S2	-2,230	,332	-6,712	***
	BXS	-8,494	2,202	-3,858	***

### 3.10.3. Oksalik Asit

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 105). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 106). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 107).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oksalik asit ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 4598.52 - 1494.35\text{BBS} - 349.26\text{PH} - 1283.35\text{BBKKB}$$

Tablo 105. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.726	.526	.521	525.2343
2	.898	.807	.803	337.0083
3	.970	.941	.939	187.3529

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, PH

3 Model: (Sabit), BBS, PH, BBKKB

Tablo 106. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	28825062.283	1	28825062.283	104.487	***
1	Kalan	25931884.123	94	275871.108		
	Toplam	54756946.406	95			
2	Regrasyon	44194507.037	2	22097253.519	194.562	***
	Kalan	10562439.369	93	113574.617		
	Toplam	54756946.406	95			
3	Regrasyon	51527643.385	3	17175881.128	489.326	***
	Kalan	3229303.021	92	35101.120		
	Toplam	54756946.406	95			

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, PH

3 Model: (Sabit), BBS, PH, BBKKB

Tablo 107. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model		Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	2356,391	77,929	30,238	***
	BBS	-1494,352	146,191	-10,222	***
2	(Sabit)	3491,472	109,641	31,845	***
	BBS	-1494,352	93,801	-15,931	***
	PH	-349,256	30,023	-11,633	***
3	(Sabit)	4598,516	97,885	46,979	***
	BBS	-1494,352	52,147	-28,657	***
	PH	-349,256	16,691	-20,925	***
	BBKKB	-1283,348	88,789	-14,454	***

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 108). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 109). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 110).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oksalik asit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmiştir.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -127.63 + 302.11S - 33.86PHXS + 1012.50LOGB - 5.47S^2$$

Tablo 108. Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.784	.615	.611	428.2871
2	.906	.821	.817	293.9380
3	.970	.942	.940	168.6874
4	.980	.961	.959	138.6572
5	.985	.970	.969	121.6956
6	.988	.976	.975	109.5309
7	.990	.979	.977	102.9832

- 1 Model: (Sabit), S
- 2 Model: (Sabit), S, PHXS
- 3 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB
- 4 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2
- 5 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB
- 6 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS
- 7 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS, PHXBXS

Tablo 109. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	27523175.613	1	27523175.613	150.047	***
	Kalan	17242403.346	94	183429.823		
	Toplam	44765578.958	95			
2	Regrasyon	36730422.476	2	18365211.238	212.561	***
	Kalan	8035156.483	93	86399.532		
	Toplam	44765578.958	95			
3	Regrasyon	42147679.312	3	14049226.437	493.727	***
	Kalan	2617899.647	92	28455.431		
	Toplam	44765578.958	95			
4	Regrasyon	43016030.590	4	10754007.648	559.353	***
	Kalan	1749548.368	91	19225.806		
	Toplam	44765578.958	95			
5	Regrasyon	43432695.447	5	8686539.089	586.539	***
	Kalan	1332883.511	90	14809.817		
	Toplam	44765578.958	95			
6	Regrasyon	43697844.015	6	7282974.002	607.065	***
	Kalan	1067734.944	89	11997.022		
	Toplam	44765578.958	95			
7	Regrasyon	43832292.077	7	6261756.011	590.424	***
	Kalan	933286.881	88	10605.533		
	Toplam	44765578.958	95			

1 Model: (Sabit), S

2 Model: (Sabit), S, PHXS

3 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB

4 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2

5 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB

6 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS

7 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS, PHXBXS

Tablo 110. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	210,869	70,243	3,002	**
	S	107,764	8,798	12,249	***
2	(Sabit)	210,869	48,208	4,374	***
	S	217,797	12,250	17,779	***
	PHXS	-33,856	3,280	-10,323	***
3	(Sabit)	50,427	30,010	1,680	*
	S	217,797	7,030	30,980	***
	PHXS	-33,856	1,882	-17,988	***
	LOGB	1012,504	73,382	13,798	**
4	(Sabit)	-127,627	36,200	-3,526	***
	S	302,113	13,813	21,872	***
	PHXS	-33,856	1,547	-21,884	***
	LOGB	1012,504	60,318	16,786	***
	S2	-5,473	,814	-6,721	***
5	(Sabit)	6,835	40,646	,168	BD
	S	280,886	12,767	22,002	***
	PHXS	-27,325	1,833	-14,907	***
	LOGB	1530,306	111,052	13,780	***
	S2	-5,473	,715	-7,657	***
	PHXB	-39,733	7,491	-5,304	***
6	(Sabit)	-488,767	111,588	-4,380	***
	S	384,178	24,795	15,494	***
	PHXS	-27,325	1,650	-16,563	***
	LOGB	1530,306	99,951	15,311	***
	S2	-10,522	1,252	-8,405	***
	PHXB	-39,733	6,742	-5,893	***
	BBS	444,229	94,493	4,701	***
7	(Sabit)	-438,098	105,878	-4,138	***
	S	380,655	23,333	16,314	***
	PHXS	-29,924	1,714	-17,455	***
	LOGB	1437,309	97,538	14,736	***
	S2	-10,522	1,177	-8,939	***
	PHXB	-46,327	6,604	-7,015	***
	BBS	444,229	88,844	5,000	***
PHXBXS	2,197	,617	3,561	**	

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 111). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 112). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 113).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oksalik asit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 1935.87 - 1433.45\text{BBS} + 1138.15\text{LOGB} - 21.10\text{PHKARE}$$

Tablo 111. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.823	.677	.674	366.7341
2	.923	.852	.849	249.6707
3	.962	.925	.922	179.1892

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBS, LOGB, PHKARE

Tablo 112. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	26523443.488	1	26523443.488	197.209	***
	Kalan	12642424.345	94	134493.876		
	Toplam	39165867.833	95			
2	Regrasyon	33368669.830	2	16684334.915	267.654	***
	Kalan	5797198.003	93	62335.462		
	Toplam	39165867.833	95			
3	Regrasyon	36211862.133	3	12070620.711	375.929	***
	Kalan	2954005.700	92	32108.758		
	Toplam	39165867.833	95			

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBS, LOGB, PHKARE

Tablo 113. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	1865,651	54,412	34,287	***
	BBS	-1433,451	102,075	-14,043	***
2	(Sabit)	1685,298	40,846	41,259	***
	BBS	-1433,451	69,492	-20,628	***
	LOGB	1138,154	108,611	10,479	***
3	(Sabit)	1935,874	39,604	48,881	***
	BBS	-1433,451	49,875	-28,741	***
	LOGB	1138,154	77,950	14,601	***
	PHKARE	-21,101	2,242	-9,410	***



CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 108). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 109). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 110).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oksalik asit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlenmek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmiştir.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -127.63 + 302.11S - 33.86PHXS + 1012.50LOGB - 5.47S2$$

Tablo 108. Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.784	.615	.611	428.2871
2	.906	.821	.817	293.9380
3	.970	.942	.940	168.6874
4	.980	.961	.959	138.6572
5	.985	.970	.969	121.6956
6	.988	.976	.975	109.5309
7	.990	.979	.977	102.9832

1 Model: (Sabit), S

2 Model: (Sabit), S, PHXS

3 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB

4 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2

5 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB

6 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS

7 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS, PHXBXS

Tablo 109. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	27523175.613	1	27523175.613	150.047	***
	Kalan	17242403.346	94	183429.823		
	Toplam	44765578.958	95			
2	Regrasyon	36730422.476	2	18365211.238	212.561	***
	Kalan	8035156.483	93	86399.532		
	Toplam	44765578.958	95			
3	Regrasyon	42147679.312	3	14049226.437	493.727	***
	Kalan	2617899.647	92	28455.431		
	Toplam	44765578.958	95			
4	Regrasyon	43016030.590	4	10754007.648	559.353	***
	Kalan	1749548.368	91	19225.806		
	Toplam	44765578.958	95			
5	Regrasyon	43432695.447	5	8686539.089	586.539	***
	Kalan	1332883.511	90	14809.817		
	Toplam	44765578.958	95			
6	Regrasyon	43697844.015	6	7282974.002	607.065	***
	Kalan	1067734.944	89	11997.022		
	Toplam	44765578.958	95			
7	Regrasyon	43832292.077	7	6261756.011	590.424	***
	Kalan	933286.881	88	10605.533		
	Toplam	44765578.958	95			

1 Model: (Sabit), S

2 Model: (Sabit), S, PHXS

3 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB

4 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2

5 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB

6 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS

7 Model: (Sabit), S, PHXS, LOGB, S2, PHXB, BBS, PHXBXS

Tablo 110. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

	Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	210,869	70,243	3,002	**
	S	107,764	8,798	12,249	***
2	(Sabit)	210,869	48,208	4,374	***
	S	217,797	12,250	17,779	***
	PHXS	-33,856	3,280	-10,323	***
3	(Sabit)	50,427	30,010	1,680	*
	S	217,797	7,030	30,980	***
	PHXS	-33,856	1,882	-17,988	***
	LOGB	1012,504	73,382	13,798	**
4	(Sabit)	-127,627	36,200	-3,526	***
	S	302,113	13,813	21,872	***
	PHXS	-33,856	1,547	-21,884	***
	LOGB	1012,504	60,318	16,786	***
	S2	-5,473	,814	-6,721	***
5	(Sabit)	6,835	40,646	,168	BD
	S	280,886	12,767	22,002	***
	PHXS	-27,325	1,833	-14,907	***
	LOGB	1530,306	111,052	13,780	***
	S2	-5,473	,715	-7,657	***
	PHXB	-39,733	7,491	-5,304	***
6	(Sabit)	-488,767	111,588	-4,380	***
	S	384,178	24,795	15,494	***
	PHXS	-27,325	1,650	-16,563	***
	LOGB	1530,306	99,951	15,311	***
	S2	-10,522	1,252	-8,405	***
	PHXB	-39,733	6,742	-5,893	***
	BBS	444,229	94,493	4,701	***
7	(Sabit)	-438,098	105,878	-4,138	***
	S	380,655	23,333	16,314	***
	PHXS	-29,924	1,714	-17,455	***
	LOGB	1437,309	97,538	14,736	***
	S2	-10,522	1,177	-8,939	***
	PHXB	-46,327	6,604	-7,015	***
	BBS	444,229	88,844	5,000	***
	PHXBXS	2,197	,617	3,561	**

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 111). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 112). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 113).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oksalik asit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 1935.87 - 1433.45\text{BBS} + 1138.15\text{LOGB} - 21.10\text{PHKARE}$$

Tablo 111. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.823	.677	.674	366.7341
2	.923	.852	.849	249.6707
3	.962	.925	.922	179.1892

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBS, LOGB, PHKARE

Tablo 112. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	26523443.488	1	26523443.488	197.209	***
	Kalan	12642424.345	94	134493.876		
	Toplam	39165867.833	95			
2	Regrasyon	33368669.830	2	16684334.915	267.654	***
	Kalan	5797198.003	93	62335.462		
	Toplam	39165867.833	95			
3	Regrasyon	36211862.133	3	12070620.711	375.929	***
	Kalan	2954005.700	92	32108.758		
	Toplam	39165867.833	95			

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBS, LOGB, PHKARE

Tablo 113. Oksalik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model		Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	1865,651	54,412	34,287	***
	BBS	-1433,451	102,075	-14,043	***
2	(Sabit)	1685,298	40,846	41,259	***
	BBS	-1433,451	69,492	-20,628	***
	LOGB	1138,154	108,611	10,479	***
3	(Sabit)	1935,874	39,604	48,881	***
	BBS	-1433,451	49,875	-28,741	***
	LOGB	1138,154	77,950	14,601	***
	PHKARE	-21,101	2,242	-9,410	***

### 3.10.4. Oleik Asit

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 114). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 115). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 116).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oleik asit ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmiştir.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 6938.51 - 822.96PH + 13.71PHXBXS - 1289.49BBB - 1087.06BBS - 50.50BXS$$

Tablo 114. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.782	.611	.607	627.4236
2	.894	.799	.795	453.0214
3	.929	.863	.858	376.5929
4	.963	.928	.925	274.7967
5	.979	.959	.957	208.4581

1 Model: (Sabit), PH

2 Model: (Sabit), PH, PHXBXS

3 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB

4 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS

5 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS, BXS

Tablo 115. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	58140403.929	1	58140403.929	147.692	***
	Kalan	37004078.311	94	393660.408		
	Toplam	95144482.240	95			
2	Regrasyon	76058242.531	2	38029121.266	185.301	***
	Kalan	19086239.708	93	205228.384		
	Toplam	95144482.240	95			
3	Regrasyon	82096838.912	3	27365612.971	192.957	***
	Kalan	13047643.328	92	141822.210		
	Toplam	95144482.240	95			
4	Regrasyon	88272778.715	4	22068194.679	292.243	***
	Kalan	6871703.525	91	75513.226		
	Toplam	95144482.240	95			
5	Regrasyon	91233551.021	5	18246710.204	419.901	***
	Kalan	3910931.219	90	43454.791		
	Toplam	95144482.240	95			

1 Model: (Sabit), PH

2 Model: (Sabit), PH, PHXBXS

3 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB

4 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS

5 Model: (Sabit), PH, PHXBXS, BBB, BBS, BXS

Tablo 116. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	4969,383	192,616	25,799	***
	PH	-679,288	55,895	-12,153	***
2	(Sabit)	4969,383	139,075	35,732	***
	PH	-796,014	42,248	-18,842	***
	PHXBXS	11,139	1,192	9,344	***
3	(Sabit)	5601,225	150,806	37,142	***
	PH	-759,211	35,570	-21,344	***
	PHXBXS	7,627	1,128	6,763	***
	BBB	-799,299	122,494	-6,525	***
4	(Sabit)	6181,687	127,393	48,525	***
	PH	-697,855	26,827	-26,013	***
	PHXBXS	1,772	1,047	1,692	*
	BBB	-1102,827	95,476	-11,551	***
	BBS	-880,123	97,320	-9,044	***
	BXS	-50,500	6,118	-8,254	***
5	(Sabit)	6938,511	133,213	52,086	***
	PH	-822,955	25,374	-32,433	***
	PHXBXS	13,710	1,650	8,309	***
	BBB	-1289,490	75,876	-16,995	***
	BBS	-1087,064	77,967	-13,943	***
	BXS	-50,500	6,118	-8,254	***



CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 117). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 118). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 119).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oleik asit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -2778.98 + 9085.11\text{BBKKPH} - 1198.97\text{BBB} + 949.66\text{LOGS}$$

Tablo 117. Oleik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.827	.684	.680	613.7399
2	.948	.898	.896	349.5293
3	.969	.939	.937	271.7831
4	.985	.971	.970	189.2045
5	.991	.983	.982	147.3320
6	.991	.982	.982	146.8075
7	.991	.982	.982	146.0672
8	.992	.985	.984	137.2096
9	.993	.986	.985	134.2151
10	.993	.986	.985	131.5183

- 1 Model: (Sabit), BBKKPH
- 2 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS
- 3 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, B2XS2
- 4 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, B2XS2, BBB
- 5 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, B2XS2, BBB, LOGS
- 6 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, BBB, LOGS
- 7 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS
- 8 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS, PHXS
- 9 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS, PHXS, BBS
- 10 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS, PHXS, BBS, PH2XS2

Tablo 118. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	76479679.554	1	76479679.554	203.038	***
	Kalan	35407611.780	94	376676.721		
	Toplam	111887291.333	95			
2	Regrasyon	100525410.602	2	50262705.301	411.414	***
	Kalan	11361880.731	93	122170.761		
	Toplam	111887291.333	95			
3	Regrasyon	105091613.451	3	35030537.817	474.244	***
	Kalan	6795677.882	92	73866.064		
	Toplam	111887291.333	95			
4	Regrasyon	108629642.920	4	27157410.730	758.622	***
	Kalan	3257648.414	91	35798.334		
	Toplam	111887291.333	95			
5	Regrasyon	109933686.581	5	21986737.316	1012.900	***
	Kalan	1953604.752	90	21706.719		
	Toplam	111887291.333	95			
6	Regrasyon	109926019.926	4	27481504.982	1275.100	***
	Kalan	1961271.407	91	21552.433		
	Toplam	111887291.333	95			
7	Regrasyon	109924412.559	3	36641470.853	1717.383	***
	Kalan	1962878.775	92	21335.639		
	Toplam	111887291.333	95			
8	Regrasyon	110174082.171	4	27543520.543	1463.021	***
	Kalan	1713209.162	91	18826.474		
	Toplam	111887291.333	95			
9	Regrasyon	110266059.435	5	22053211.887	1224.247	***
	Kalan	1621231.899	90	18013.688		
	Toplam	111887291.333	95			
10	Regrasyon	110347853.427	6	18391308.904	1063.262	***
	Kalan	1539437.906	89	17297.055		
	Toplam	111887291.333	95			

- 1 Model: (Sabit), BBKKPH  
2 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS  
3 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, B2XS2  
4 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, B2XS2, BBB  
5 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, B2XS2, BBB, LOGS  
6 Model: (Sabit), BBKKPH, BXS, BBB, LOGS  
7 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS  
8 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS, PHXS  
9 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS, PHXS, BBS  
10 Model: (Sabit), BBKKPH, BBB, LOGS, PHXS, BBS, PH2XS2

Tablo 119. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

	Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	-3140,731	375,274	-8,369	***
	BBKKPH	9085,112	637,590	14,249	***
2	(Sabit)	-3606,706	216,287	-16,676	***
	BBKKPH	9085,112	363,112	25,020	***
	BXS	44,467	3,170	14,029	***
3	(Sabit)	-3887,319	171,923	-22,611	***
	BBKKPH	9085,112	282,345	32,177	***
	BXS	104,987	8,082	12,990	***
	B2XS2	-1,495	,190	-7,862	***
4	(Sabit)	-3276,468	134,537	-24,354	***
	BBKKPH	9085,112	196,557	46,221	***
	BXS	92,278	5,770	15,993	***
	B2XS2	-1,429	,133	-10,779	***
	BBB	-624,141	62,782	-9,941	***
5	(Sabit)	-2823,724	119,947	-23,541	***
	BBKKPH	9085,112	153,057	59,358	***
	BXS	7,559	11,818	,640	BD
	B2XS2	-,118	,198	-,594	BD
	BBB	-1152,332	83,868	-13,740	***
	LOGS	879,195	113,432	7,751	***
6	(Sabit)	-2787,363	102,802	-27,114	***
	BBKKPH	9085,112	152,512	59,570	***
	BXS	,709	2,595	,273	BD
	BBB	-1187,665	58,943	-20,149	***
	LOGS	936,739	58,879	15,910	***
7	(Sabit)	-2778,976	97,614	-28,469	***
	BBKKPH	9085,112	151,743	59,872	***
	BBB	-1198,969	41,751	-28,717	***
	LOGS	949,664	34,843	27,256	***
8	(Sabit)	-2528,170	114,678	-22,046	***
	BBKKPH	8636,685	188,364	45,851	***
	BBB	-1198,969	39,219	-30,571	***
	LOGS	1171,245	69,091	16,952	***
	PHXS	-6,267	1,721	-3,642	***
9	(Sabit)	-2700,579	135,665	-19,906	***
	BBKKPH	8401,148	211,695	39,685	***
	BBB	-1198,969	38,363	-31,253	***
	LOGS	1565,505	187,111	8,367	***
	PHXS	-9,559	2,226	-4,294	***
	BBS	342,910	151,754	2,260	*
10	(Sabit)	-2555,783	148,682	-17,190	***
	BBKKPH	7882,460	316,110	24,936	***
	BBB	-1198,969	37,592	-31,894	***
	LOGS	2117,849	313,263	6,761	***
	PHXS	-29,526	9,438	-3,129	**
	BBS	561,140	179,400	3,128	**
	PH2XS2	,180	,083	2,175	*

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 120). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 121). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 122).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden oleik asit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 1487.03 - 2021.60\text{BBKKB} + 4165.93\text{BBKKPH} - 1283.10\text{BBKKS}$$

Tablo 120. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.602	.362	.356	583.5655
2	.826	.683	.676	413.8822
3	.964	.929	.926	197.1798
4	.966	.932	.929	193.2477
5	.976	.952	.950	163.2952

1 Model: (Sabit), BBKKB

2 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH

3 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH, BBKKS

4 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH, BBKKS, B2X2

5 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH, BBKKS, B2XS2, PHXBXS

Tablo 121. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	18196545.833	1	18196545.833	53.433	***
	Kalan	32011581.407	94	340548.738		
	Toplam	50208127.240	95			
2	Regrasyon	34277372.056	2	17138686.028	100.052	***
	Kalan	15930755.183	93	171298.443		
	Toplam	50208127.240	95			
3	Regrasyon	46631179.322	3	15543726.441	399.789	***
	Kalan	3576947.917	92	38879.869		
	Toplam	50208127.240	95			
4	Regrasyon	46809761.795	4	11702440.449	313.363	***
	Kalan	3398365.445	91	37344.675		
	Toplam	50208127.240	95			
5	Regrasyon	47808247.876	5	9561649.575	358.580	***
	Kalan	2399879.364	90	26665.326		
	Toplam	50208127.240	95			

1 Model: (Sabit), BBKKB

2 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH

3 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH, BBKKS

4 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH, BBKKS, B2X2

5 Model: (Sabit), BBKKB, BBKKPH, BBKKS, B2XS2, PHXBXS

Tablo 122. Oleik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	3191,673	245,889	12,980	***
	BBKKB	-2021,595	276,560	-7,310	***
2	(Sabit)	774,084	304,422	2,543	**
	BBKKB	-2021,595	196,145	-10,307	***
	BBKKPH	4165,925	429,966	9,689	***
3	(Sabit)	1487,030	150,445	9,884	***
	BBKKB	-2021,595	93,446	-21,634	***
	BBKKPH	4165,925	204,842	20,337	***
	BBKKS	-1283,098	71,982	-17,825	***
4	(Sabit)	1676,623	171,046	9,802	***
	BBKKB	-2149,510	108,669	-19,780	***
	BBKKPH	4165,925	200,757	20,751	***
	BBKKS	-1374,798	82,068	-16,752	***
	B2XS2	-,120	,055	-2,187	*
5	(Sabit)	691,317	216,372	3,195	**
	BBKKB	-1951,840	97,342	-20,051	***
	BBKKPH	5034,909	221,234	22,758	***
	BBKKS	-1085,878	83,895	-12,943	***
	B2XS2	-,529	,081	-6,505	***
	PHXBXS	7,244	1,184	6,119	***

### 3.10.5. Sitrik Asit

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 123). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 124). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 125).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sitrik asit ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 4896.09 - 5378.25 \text{ BBKKS} + 41.89 \text{ PHKARE} + 65.96 \text{ B2} + 1625.79 \text{ BBS}$$

Tablo 123. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	,989	,977	,976	157,0488
2	,992	,985	,984	129,6845

1 Model: (Sabit), BBKKS, PHKARE, B2

2 Model: (Sabit), BBKKS, PHKARE, B2, BBS

Tablo 124. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	97283587,063	3	32427862,354	1314,767	***
	Kalan	2269118,770	92	24664,334		
	Toplam	99552705,833	95			
2	Regrasyon	98022261,843	4	24505565,461	1457,098	***
	Kalan	1530443,991	91	16818,066		
	Toplam	99552705,833	95			

1 Model: (Sabit), BBKKS, PHKARE, B2

2 Model: (Sabit), BBKKS, PHKARE, B2, BBS

Tablo 125. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	4353,193	45,468	95,741	***
	BBKKS	-3269,121	57,332	-57,021	***
	PHKARE	-41,891	1,965	-21,315	***
	B2	65,959	4,270	15,445	***
2	(Sabit)	4896,093	90,113	54,333	***
	BBKKS	-5378,252	321,749	-16,716	***
	PHKARE	-41,891	1,623	-25,812	***
	B2	65,959	3,526	18,705	***
	BBS	1625,791	245,316	6,627	***



CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 126). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 127). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 128).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sitrik asit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -689 + 331.96S - 39.52PHXS + 550.08B - 3.04BXS + 3.05PH2XB2$$

Tablo 126. Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	,840	,705	,702	661,2041
2	,913	,834	,831	498,2668
3	,968	,937	,935	308,8215
4	,972	,945	,943	289,1465

1 Model: (Sabit), S

2 Model: (Sabit), S, PHXS

3 Model: (Sabit), S, PHXS, B

4 Model: (Sabit), S, PHXS, B, PH2XB2

Tablo 127. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	98164330,762	1	98164330,762	224,534	***
	Kalan	41095946,196	94	437190,917		
	Toplam	139260276,958	95			
2	Regrasyon	116171186,622	2	58085593,311	233,962	***
	Kalan	23089090,336	93	248269,789		
	Toplam	139260276,958	95			
3	Regrasyon	130486171,878	3	43495390,626	456,067	***
	Kalan	8774105,080	92	95370,707		
	Toplam	139260276,958	95			
4	Regrasyon	131652156,962	4	32913039,241	393,670	***
	Kalan	7608119,996	91	83605,714		
	Toplam	139260276,958	95			

1 Model: (Sabit), S

2 Model: (Sabit), S, PHXS

3 Model: (Sabit), S, PHXS, B

4 Model: (Sabit), S, PHXS, B, PH2XB2

Tablo 128. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	98,909	108,443	,912	BD
	S	203,518	13,582	14,984	***
2	(Sabit)	98,909	81,720	1,210	BD
	S	357,396	20,766	17,211	***
	PHXS	-47,347	5,560	-8,516	***
3	(Sabit)	-584,163	75,325	-7,755	***
	S	357,396	12,871	27,769	***
	PHXS	-47,347	3,446	-13,741	***
	B	407,399	33,253	12,251	***
4	(Sabit)	-689,319	75,940	-9,077	***
	S	331,957	13,843	23,981	***
	PHXS	-39,520	3,847	-10,272	***
	B	550,082	49,286	11,161	***
	BXS	-3,044	,815	-3,734	***
	PH2XB2	3,049	,614	4,965	***

CCA ile empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 129). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 130). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 131).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile empenyeli odun örneklerinden sitrik asit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 2530.95 - 1410.41 \text{ BBKKS} + 1072.70 \text{ LOGB} - 556.85 \text{ LOGPH} - 655.53 \text{ BBS}$$

Tablo 129. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	,981	,963	,962	137,6416
2	,984	,968	,966	129,2524

1 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, LOGPH, BBS

2 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, LOGPH, BBS, BXS

Tablo 130. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	45229821,919	4	11307455,480	596,850	***
	Kalan	1724015,040	91	18945,220		
	Toplam	46953836,958	95			
2	Regrasyon	45450279,941	5	9090055,988	544,113	***
	Kalan	1503557,018	90	16706,189		
	Toplam	46953836,958	95			

1 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, LOGPH, BBS

2 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, LOGPH, BBS, BXS

Tablo 131. Sitrik asit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model		Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	2530,954	103,333	24,493	***
	BBKKS	-1410,411	341,491	-4,130	***
	LOGB	1072,695	59,877	17,915	***
	LOGPH	-556,846	93,293	-5,969	***
	BBS	-655,527	260,368	-2,518	*
2	(Sabit)	2091,606	155,059	13,489	***
	BBKKS	-232,657	456,013	-,510	BD
	LOGB	831,306	87,046	9,550	***
	LOGPH	-556,846	87,607	-6,356	***
	BBS	-1373,397	314,375	-4,369	***
	BXS	9,632	2,651	3,633	***

### 3.10.6. Amonyum Sülfat

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 132). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 133). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 134).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden amonyum sülfat ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlenmek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 6121.18 - 2622.38\text{BBB} - 1481.54\text{BBKKS} - 65.32\text{PHXB} - 12.38\text{PHKARE}$$

Tablo 132. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.787	.620	.615	459.9049
2	.968	.937	.935	188.5482
3	.986	.972	.971	126.0563
4	.989	.978	.977	113.0256
5	.992	.983	.982	99.3149
6	.994	.988	.987	85.6646

1 Model: (Sabit), BBB

2 Model: (Sabit), BBB, BBKKS

3 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB

4 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB, PHKARE

5 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB, PHKARE, B2XS2

6 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB, PHKARE, B2XS2, LOGPH

Tablo 133. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	24157282.577	1	24157282.577	114.212	***
	Kalan	14805873.201	70	211512.474		
	Toplam	38963155.778	71			
2	Regrasyon	36510177.073	2	18255088.536	513.499	***
	Kalan	2452978.705	69	35550.416		
	Toplam	38963155.778	71			
3	Regrasyon	37882623.516	3	12627541.172	794.676	***
	Kalan	1080532.262	68	15890.180		
	Toplam	38963155.778	71			
4	Regrasyon	38107245.470	4	9526811.367	745.751	***
	Kalan	855910.308	67	12774.781		
	Toplam	38963155.778	71			
5	Regrasyon	38312168.654	5	7662433.731	776.852	***
	Kalan	650987.124	66	9863.441		
	Toplam	38963155.778	71			
6	Regrasyon	38486158.121	6	6414359.687	874.078	***
	Kalan	476997.657	65	7338.425		
	Toplam	38963155.778	71			

1 Model: (Sabit), BBB

2 Model: (Sabit), BBB, BBKKS

3 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB

4 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB, PHKARE

5 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB, PHKARE, B2XS2

6 Model: (Sabit), BBB, BBKKS, PHXB, PHKARE, B2XS2, LOGPH

Tablo 134. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	3402,398	131,664	25,841	***
	BBB	-1622,201	151,792	-10,687	***
2	(Sabit)	4225,607	69,742	60,589	***
	BBB	-1622,201	62,230	-26,068	***
	BBKKS	-1481,540	79,479	-18,641	***
3	(Sabit)	5973,636	193,783	30,826	***
	BBB	-2829,858	136,443	-20,740	***
	BBKKS	-1481,540	53,137	-27,882	***
	PHXB	-78,865	8,486	-9,294	***
4	(Sabit)	6121,178	177,278	34,529	***
	BBB	-2622,378	131,966	-19,872	***
	BBKKS	-1481,540	47,644	-31,096	***
	PHXB	-65,316	8,266	-7,901	***
	PHKARE	-12,383	2,953	-4,193	***
5	(Sabit)	6165,779	156,080	39,504	***
	BBB	-2600,861	116,054	-22,411	***
	BBKKS	-1596,685	48,896	-32,655	***
	PHXB	-57,750	7,451	-7,751	***
	PHKARE	-13,440	2,605	-5,159	***
	B2XS2	-,150	,033	-4,558	***
6	(Sabit)	-13098,697	3958,662	-3,309	**
	BBB	-2605,680	100,108	-26,029	***
	BBKKS	-1596,437	42,175	-37,853	***
	PHXB	-58,078	6,427	-9,036	***
	PHKARE	-221,664	42,822	-5,176	***
	B2XS2	-,150	,028	-5,273	***
	LOGPH	34488,057	7082,860	4,869	***

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 135). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 136). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 137).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden amonyum sülfat ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 1411.85 + 38.87\text{BXS} - 759.62\text{BBB} - 439.33\text{BBKKS} - 0.429\text{B2XS2}$$

Tablo 135. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.883	.779	.776	247.0470
2	.957	.915	.913	154.0547
3	.990	.981	.980	73.9216
4	.993	.986	.985	63.1229
5	.995	.990	.989	54.3419
6	.996	.992	.991	48.6229
7	.996	.993	.992	46.8132

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, BBB

3 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS

4 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2

5 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2, PHXS

6 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2, PHXS, PHKARE

7 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2, PHXS, PHKARE, LOGPH



Tablo 136. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	15051003.740	1	15051003.740	246.607	***
	Kalan	4272256.204	70	61032.231		
	Toplam	19323259.944	71			
2	Regrasyon	17685692.651	2	8842846.325	372.599	***
	Kalan	1637567.294	69	23732.859		
	Toplam	19323259.944	71			
3	Regrasyon	18951680.602	3	6317226.867	1156.069	***
	Kalan	371579.343	68	5464.402		
	Toplam	19323259.944	71			
4	Regrasyon	19056298.293	4	4764074.573	1195.651	***
	Kalan	266961.652	67	3984.502		
	Toplam	19323259.944	71			
5	Regrasyon	19128358.993	5	3825671.799	1295.501	***
	Kalan	194900.951	66	2953.045		
	Toplam	19323259.944	71			
6	Regrasyon	19169587.704	6	3194931.284	1351.386	***
	Kalan	153672.241	65	2364.188		
	Toplam	19323259.944	71			
7	Regrasyon	19183005.208	7	2740429.315	1250.492	***
	Kalan	140254.737	64	2191.480		
	Toplam	19323259.944	71			

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, BBB

3 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS

4 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2

5 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2, PHXS

6 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2, PHXS, PHKARE

7 Model: (Sabit), BXS, BBB, BBKKS, B2XS2, PHXS, PHKARE, LOGPH

Tablo 137. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	447,336	39,781	11,245	***
	BXS	40,623	2,587	15,704	***
2	(Sabit)	1042,836	61,723	16,895	***
	BXS	30,651	1,870	16,389	***
	BBB	-621,132	58,951	-10,536	***
3	(Sabit)	1776,562	56,576	31,401	***
	BXS	15,758	1,328	11,869	***
	BBB	-858,684	32,307	-26,579	***
	BBKKS	-701,672	46,099	-15,221	***
4	(Sabit)	1411,849	86,024	16,412	***
	BXS	38,866	4,650	8,358	***
	BBB	-759,622	33,687	-22,549	***
	BBKKS	-439,334	64,581	-6,803	***
	B2XS2	-,429	,084	-5,124	***
5	(Sabit)	1335,475	75,654	17,652	***
	BXSE	54,389	5,089	10,687	***
	BBB	-639,683	37,823	-16,913	***
	BBKKS	-474,730	56,057	-8,469	***
	B2XS2	-,633	,083	-7,618	***
	PHXS	-3,023	,612	-4,940	***
6	(Sabit)	1532,091	82,456	18,581	***
	BXS	51,438	4,608	11,163	***
	BBB	-662,481	34,280	-19,326	***
	BBKKS	-468,002	50,183	-9,326	***
	B2XS2	-,594	,075	-7,933	***
	PHXS	-2,448	,565	-4,337	***
	PHKARE	-5,035	1,206	-4,176	***
7	(Sabit)	-3819,252	2164,154	-1,765	BD
	BXS	51,480	4,437	11,604	***
	BBB	-662,158	33,004	-20,063	***
	BBKKS	-468,097	48,316	-9,688	***
	B2XS2	-,594	,072	-8,247	***
	PHXS	-2,456	,544	-4,519	***
	PHKARE	-62,865	23,400	-2,687	**
	LOGPH	9576,950	3870,438	2,474	*

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 138). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 139). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 140).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerlerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden amonyum sülfat ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = -24210.94 + 1547.43\text{LOGB} + 549.61\text{LOGS} - 300.19\text{PHKARE} + 45773.31\text{LOGPH}$$

Tablo 138. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.792	.627	.622	283.8793
2	.944	.890	.887	155.0890
3	.977	.955	.953	100.2108
4	.987	.975	.974	74.9477

1 Model: (Sabit), LOGB

2 Model: (Sabit), LOGB, LOGS

3 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, PHKARE

4 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, PHKARE, LOGPH

Tablo 139. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	9490051.072	1	9490051.072	117.761	***
	Kalan	5641122.928	70	80587.470		
	Toplam	15131174.000	71			
2	Regrasyon	13471543.707	2	6735771.853	280.043	***
	Kalan	1659630.293	69	24052.613		
	Toplam	15131174.000	71			
3	Regrasyon	14448304.593	3	4816101.531	479.586	***
	Kalan	682869.407	68	10042.197		
	Toplam	15131174.000	71			
4	Regrasyon	14754823.957	4	3688705.989	656.685	***
	Kalan	376350.043	67	5617.165		
	Toplam	15131174.000	71			

1 Model: (Sabit), LOGB

2 Model: (Sabit), LOGB, LOGS

3 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, PHKARE

4 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, PHKARE, LOGPH

Tablo 140. Amonyum sülfat ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	843,794	40,371	20,901	***
	LOGB	1547,429	142,597	10,852	***
2	(Sabit)	504,638	34,371	14,682	***
	LOGB	1547,429	77,904	19,863	***
	LOGS	549,609	42,718	12,866	***
3	(Sabit)	1364,255	89,947	15,167	***
	LOGB	1547,429	50,337	30,741	***
	LOGS	549,609	27,602	19,912	***
	PHKARE	-23,768	2,410	-9,862	***
4	(Sabit)	-24210,937	3462,825	-6,992	***
	LOGB	1547,429	37,647	41,103	***
	LOGS	549,609	20,644	26,623	***
	PHKARE	-300,188	37,463	-8,013	***
	LOGPH	45773,314	6196,436	7,387	***

### 3.10.7. Resorsinol

CCA ile empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 141). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 142). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 143).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile empenyeli odun örneklerinden resorsinol ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlenmek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 778.78 + 1390.37\text{LOGB} - 594.84\text{BBKKS} + 5.65\text{BXS}$$

Tablo 141. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.858	.736	.733	218.0478
2	.990	.980	.979	60.4292
3	.994	.987	.987	48.2073
4	.995	.989	.989	44.5076
5	.996	.992	.991	39.3120
6	.996	.993	.992	37.7777
7	.997	.993	.992	36.8385

1 Model: (Sabit), LOGB

2 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS

3 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS, BXS

4 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS, BXS, PH2XS2

5 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS, BXS, PH2XS2, B2XS2

6 Model: (Sabit), LOGB, BXS, PH2XS2, B2XS2, BBB, PHXBXS, LOGS

7 Model: (Sabit), LOGB, PH2XS2, B2XS2, BBB, PHXBXS, LOGS

Tablo 142. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	9300275.726	1	9300275.726	195.611	***
	Kalan	3328137.551	70	47544.822		
	Toplam	12628413.278	71			
2	Regrasyon	12376446.666	2	6188223.333	1694.619	***
	Kalan	251966.612	69	3651.690		
	Toplam	12628413.278	71			
3	Regrasyon	12470384.776	3	4156794.925	1788.678	***
	Kalan	158028.501	68	2323.949		
	Toplam	12628413.278	71			
4	Regrasyon	12495691.254	4	3123922.813	1577.001	***
	Kalan	132722.024	67	1980.926		
	Toplam	12628413.278	71			
5	Regrasyon	12526414.646	5	2505282.929	1621.087	***
	Kalan	101998.632	66	1545.434		
	Toplam	12628413.278	71			
6	Regrasyon	12535648.418	6	2089274.736	1463.947	***
	Kalan	92764.860	65	1427.152		
	Toplam	12628413.278	71			
7	Regrasyon	12541560.503	7	1791651.500	1320.231	***
	Kalan	86852.775	64	1357.075		
	Toplam	12628413.278	71			

1 Model: (Sabit), LOGB

2 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS

3 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS, BXS

4 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS, BXS, PH2XS2

5 Model: (Sabit), LOGB, BBKKS, BXS, PH2XS2, B2XS2

6 Model: (Sabit), LOGB, BXS, PH2XS2, B2XS2, BBB, PHXBXS, LOGS

7 Model: (Sabit), LOGB, PH2XS2, B2XS2, BBB, PHXBXS, LOGS

Tablo 143. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	484,953	31,009	15,639	***
	LOGB	1531,878	109,529	13,986	***
2	(Sabit)	895,753	16,558	54,096	***
	LOGB	1531,878	30,355	50,466	***
	BBKKS	-739,323	25,473	-29,024	***
3	(Sabit)	778,727	22,656	34,372	***
	LOGB	1390,373	32,890	42,273	***
	BBKKS	-594,842	30,485	-19,512	***
	BXS	5,646	,888	6,358	***
4	(Sabit)	807,534	22,416	36,024	***
	LOGB	1329,313	34,841	38,153	***
	BBKKS	-624,259	29,325	-21,288	***
	BXS	8,083	1,066	7,580	***
	PH2XS2	-1,228E-02	,003	-3,574	**
5	(Sabit)	663,213	37,944	17,479	***
	LOGB	1203,229	41,793	28,790	***
	BBKKS	-480,042	41,438	-11,585	***
	BXS	23,440	3,571	6,564	***
	PH2XS2	-1,902E-02	,003	-5,609	***
	B2XS2	-,259	,058	-4,459	***
6	(Sabit)	877,735	91,881	9,553	***
	LOGB	888,703	130,011	6,836	***
	BBKKS	-481,375	39,824	-12,088	***
	BXS	23,268	3,432	6,780	***
	PH2XS2	-1,950E-02	,003	-5,974	***
	B2XS2	-,250	,056	-4,476	***
	BBB	-206,310	81,109	-2,544	*
7	(Sabit)	875,884	89,602	9,775	***
	LOGB	867,722	127,177	6,823	***
	BBKKS	-476,456	38,905	-12,247	***
	BXS	15,469	5,016	3,084	**
	PH2XS2	-2,162E-02	,003	-6,471	***
	B2XS2	-,266	,055	-4,837	***
	BBB	-209,368	79,106	-2,647	*
	PHXBXS	1,516	,726	2,087	*

CCA ile empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 144). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 145). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 146).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile empenyeli odun örneklerinden resorsinol ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 673.04 + 11.03\text{BXS} - 581.45\text{BBKKB} + 147.02\text{LOGS}$$

Tablo 144. Resorsinol ile CCA ile empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.926	.857	.855	96.3511
2	.980	.961	.960	50.7493
3	.991	.982	.982	34.1926
4	.992	.984	.983	33.0341
5	.992	.984	.983	32.7903
6	.992	.985	.984	31.9958

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, BBKKB

3 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, LOGS

4 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, LOGS, LOGB

5 Model: (Sabit), BXS, LOGS, LOGB

6 Model: (Sabit), BXS, LOGS, LOGB, BBPH



Tablo 145. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	3887578.082	1	3887578.082	418.761	***
	Kalan	649846.904	70	9283.527		
	Toplam	4537424.986	71			
2	Regrasyon	4359716.158	2	2179858.079	846.386	***
	Kalan	177708.828	69	2575.490		
	Toplam	4537424.986	71			
3	Regrasyon	4457923.838	3	1485974.613	1271.004	***
	Kalan	79501.148	68	1169.135		
	Toplam	4537424.986	71			
4	Regrasyon	4464311.292	4	1116077.823	1022.753	***
	Kalan	73113.695	67	1091.249		
	Toplam	4537424.986	71			
5	Regrasyon	4464311.290	3	1488103.763	1384.023	***
	Kalan	73113.696	68	1075.201		
	Toplam	4537424.986	71			
6	Regrasyon	4468835.155	4	1117208.789	1091.313	***
	Kalan	68589.831	67	1023.729		
	Toplam	4537424.986	71			

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, BBKKB

3 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, LOGS

4 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, LOGS, LOGB

5 Model: (Sabit), BXS, LOGS, LOGB

6 Model: (Sabit), BXS, LOGS, LOGB, BBPH

Tablo 146. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	161,416	15,515	10,404	***
	BXS	20,646	1,009	20,464	***
2	(Sabit)	585,528	32,372	18,087	***
	BXS	16,310	,620	26,290	***
	BBKKB	-438,992	32,423	-13,540	***
3	(Sabit)	673,044	23,810	28,268	***
	BXS	11,029	,712	15,491	***
	BBKKB	-581,452	26,811	-21,687	***
	LOGS	147,017	16,041	9,165	***
4	(Sabit)	85,291	244,023	,350	BD
	BXS	10,679	,703	15,194	***
	BBKKB	-,281	241,608	-,001	BD
	LOGS	153,396	15,720	9,758	***
	LOGB	543,680	224,720	2,419	*
5	(Sabit)	85,007	7,975	10,660	***
	BXS	10,679	,692	15,436	***
	LOGS	153,398	15,517	9,886	***
	LOGB	543,940	23,914	22,746	***
6	(Sabit)	-31,086	55,772	-,557	BD
	BXS	10,679	,675	15,820	***
	LOGS	153,398	15,141	10,131	***
	LOGB	543,940	23,334	23,311	***
	BBPH	693,327	329,819	2,102	*

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 147). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 148). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 149).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden resorsinol ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlenmek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 171.27 - 4.44\text{BXS} + 1173.61\text{LOGB} + 662.61\text{LOGS}$$

Tablo 147. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.816	.666	.661	208.6208
2	.911	.831	.826	149.5444
3	.963	.927	.924	99.0351
4	.992	.984	.983	46.4313
5	.992	.984	.983	46.0889
6	.993	.987	.986	42.6933

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, B2XS2

3 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, LOGB

4 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, LOGB, LOGS

5 Model: (Sabit), BXS, LOGB, LOGS

6 Model: (Sabit), BXS, LOGB, LOGS, PHXS

Tablo 148. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	6073613.332	1	6073613.332	139.551	***
	Kalan	3046583.988	70	43522.628		
	Toplam	9120197.319	71			
2	Regrasyon	7577114.379	2	3788557.190	169.408	***
	Kalan	1543082.940	69	22363.521		
	Toplam	9120197.319	71			
3	Regrasyon	8453256.174	3	2817752.058	287.292	***
	Kalan	666941.146	68	9807.958		
	Toplam	9120197.319	71			
4	Regrasyon	8975754.252	4	2243938.563	1040.852	***
	Kalan	144443.067	67	2155.867		
	Toplam	9120197.319	71			
5	Regrasyon	8975752.787	3	2991917.596	1408.502	***
	Kalan	144444.533	68	2124.184		
	Toplam	9120197.319	71			
6	Regrasyon	8998075.169	4	2249518.792	1234.156	***
	Kalan	122122.150	67	1822.719		
	Toplam	9120197.319	71			

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, B2XS2

3 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, LOGB

4 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, LOGB, LOGS

5 Model: (Sabit), BXS, LOGB, LOGS

6 Model: (Sabit), BXS, LOGB, LOGS, PHXS

Tablo 149. Resorsinol ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	449,179	33,593	13,371	***
	BXS	25,805	2,184	11,813	***
2	(Sabit)	263,248	33,077	7,959	***
	BXS	65,905	5,135	12,834	***
	B2XS2	-,991	,121	-8,199	***
3	(Sabit)	242,802	22,011	11,031	***
	BXS	59,032	3,478	16,975	***
	B2XS2	-,969	,080	-12,109	***
	LOGB	551,628	58,364	9,451	***
4	(Sabit)	171,262	11,297	15,160	***
	BXS	-4,552	4,398	-1,035	BD
	B2XS2	1,898E-03	,073	,026	BD
	LOGB	1174,517	48,473	24,230	***
	LOGS	663,563	42,624	15,568	***
5	(Sabit)	171,270	11,209	15,280	***
	BXS	-4,440	,972	-4,567	***
	LOGB	1173,613	33,613	34,916	***
	LOGS	662,611	21,810	30,381	***
6	(Sabit)	174,711	10,429	16,752	***
	BXS	-2,629	1,039	-2,531	*
	LOGB	1128,218	33,730	33,448	***
	LOGS	750,823	32,304	23,242	***
	PHXS	-1,858	,531	-3,500	**

### 3.10.8. Hümik Asit Sodyum Tuzu

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 150). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 151). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 152).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden hümik asit sodyum tuzu ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{ Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 43516.81 + 330.84\text{PHKARE} - 768.88\text{BBKKS} - 7545.37\text{PH} - 0.51\text{PH2B2} + 2.645\text{PHXBXS} - 34.26\text{S} - 0.37\text{B2XS2} + 503.82\text{B}$$

Tablo 150. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.653	.427	.419	402.1930
2	.836	.698	.690	293.9516
3	.938	.881	.875	186.1646
4	.980	.961	.959	107.1192
5	.985	.970	.968	93.9945
6	.987	.974	.971	89.4168
7	.991	.983	.981	72.8762
8	.993	.987	.985	64.4925

1 Model: (Sabit), PHXB

2 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE

3 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS

4 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH

5 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2

6 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2, PHXBXS

7 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2, PHXBXS, S

8 Model: (Sabit), PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2, PHXBXS, S, B2XS2, B

Tablo 151. Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	8438979.144	1	8438979.144	52.170	***
	Kalan	11323145.509	70	161759.222		
	Toplam	19762124.653	71			
2	Regrasyon	13800002.621	2	6900001.311	79.854	***
	Kalan	5962122.031	69	86407.566		
	Toplam	19762124.653	71			
3	Regrasyon	17405430.455	3	5801810.152	167.405	***
	Kalan	2356694.198	68	34657.268		
	Toplam	19762124.653	71			
4	Regrasyon	18993332.294	4	4748333.073	413.816	***
	Kalan	768792.359	67	11474.513		
	Toplam	19762124.653	71			
5	Regrasyon	19179016.717	5	3835803.343	434.162	***
	Kalan	583107.936	66	8834.969		
	Toplam	19762124.653	71			
6	Regrasyon	19242425.505	6	3207070.918	401.116	***
	Kalan	519699.147	65	7995.371		
	Toplam	19762124.653	71			
7	Regrasyon	19422224.803	7	2774603.543	522.432	***
	Kalan	339899.850	64	5310.935		
	Toplam	19762124.653	71			
8	Regrasyon	19500089.482	8	2437511.185	586.040	***
	Kalan	262035.171	63	4159.288		
	Toplam	19762124.653	71			

1 Model: (Sabit), PHXB

2 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE

3 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS

4 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH

5 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2

6 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2, PHXBXS

7 Model: (Sabit), PHXB, PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2, PHXBXS, S

8 Model: (Sabit), PHKARE, BBKKS, PH, PH2XB2, PHXBXS, S, B2XS2, B

Tablo 152. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	418,038	95,628	4,372	***
	PHXB	29,816	4,128	7,223	***
2	(Sabit)	-1552,908	259,801	-5,977	***
	PHXB	26,963	3,039	8,873	***
	PHKARE	14,021	1,780	7,877	***
3	(Sabit)	-1108,171	170,216	-6,510	***
	PHXB	26,963	1,924	14,011	***
	PHKARE	14,021	1,127	12,437	***
	BBKKS	-800,400	78,474	-10,200	***
4	(Sabit)	44085,363	3843,020	11,472	***
	PHXB	27,001	1,107	24,383	***
	PHKARE	328,958	26,780	12,284	***
	BBKKS	-800,400	45,154	-17,726	***
	PH	-7562,938	642,904	-11,764	***
5	(Sabit)	44085,363	3372,159	13,073	***
	PHXB	70,166	9,466	7,413	***
	PHKARE	332,308	23,510	14,135	***
	BBKKS	-800,400	39,622	-20,201	***
	PH	-7635,311	564,353	-13,529	***
	PH2XB2	-,903	,197	-4,584	***
6	(Sabit)	44019,326	3208,016	13,722	***
	PHXB	67,747	9,045	7,490	***
	PHKARE	332,308	22,365	14,858	***
	BBKKS	-681,554	56,583	-12,045	***
	PH	-7635,311	536,869	-14,222	***
	PH2XB2	-,903	,187	-4,819	***
	PHXBXS	,387	,137	2,816	**
7	(Sabit)	44308,043	2615,055	16,943	***
	PHXB	64,089	7,399	8,662	***
	PHKARE	332,308	18,228	18,231	***
	BBKKS	-904,449	59,952	-15,086	***
	PH	-7635,311	437,557	-17,450	***
	PH2XB2	-,903	,153	-5,913	***
	PHXBXS	,972	,151	6,458	***
	S	-26,379	4,534	-5,818	***
8	(Sabit)	43516,806	2316,028	18,789	***
	PHKARE	330,844	16,127	20,515	***
	BBKKS	-768,877	63,245	-12,157	***
	PH	-7545,386	387,095	-19,492	***
	PH2XB2	-,508	,090	-5,620	***
	PHXBXS	2,645	,443	5,965	***
	S	-34,262	4,466	-7,671	***
	B2XS2	-,336	,085	-3,938	***
	B	503,819	52,237	9,645	***

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise



yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 153). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 154). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 155).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile empenyeli odun örneklerinden hümik asit sodyum tuzu ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{ Uzaklaştırılan krom miktarı} = 577.58 + 11.55\text{BXS} - 449.03\text{BBKKB}$$

Tablo 153.: Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.921	.848	.846	98.4885
2	.979	.959	.957	51.7836
3	.991	.982	.981	34.2348
4	.992	.984	.983	32.7049

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, BBKKB

3 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, BBKKS

4 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, BBKKS, PHXB

Tablo 154. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	3785449.291	1	3785449.291	390.253	***
1	Kalan	678998.695	70	9699.981		
	Toplam	4464447.986	71			
2	Regrasyon	4279421.382	2	2139710.691	797.940	***
	Kalan	185026.604	69	2681.545		
	Toplam	4464447.986	71			
3	Regrasyon	4384750.647	3	1461583.549	1247.064	***
	Kalan	79697.339	68	1172.020		
	Toplam	4464447.986	71			
4	Regrasyon	4392784.161	4	1098196.040	1026.726	***
	Kalan	71663.825	67	1069.609		
	Toplam	4464447.986	71			

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, BBKKB

3 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, BBKKS

4 Model: (Sabit), BXS, BBKKB, BBKKS, PHXB

Tablo 155. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	143,777	15,859	9,066	***
	BXS	20,373	1,031	19,755	***
2	(Sabit)	577,584	33,032	17,486	***
	BXS	15,938	,633	25,177	***
	BBKKB	-449,028	33,084	-13,572	***
3	(Sabit)	839,210	35,193	23,846	***
	BXS	11,546	,624	18,492	***
	BBKKB	-567,496	25,190	-22,528	***
	BBKKS	-204,095	21,529	-9,480	***
4	(Sabit)	597,715	94,314	6,337	***
	BXS	11,302	,603	18,742	***
	BBKKB	-371,710	75,384	-4,931	***
	BBKKS	-210,326	20,692	-10,164	***
	PHXB	3,908	1,426	2,741	**

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 156). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 157). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 158).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden hümik asit sodyum tuzu ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlenmek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 47764.32 + 5.94\text{PHXBXS} - 0.99 \text{B2XS2} + 90.20\text{PHKARE} - 56177.70\text{LOGPH}$$

Tablo 156. Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.838	.703	.698	240.8418
2	.924	.854	.850	170.1001
3	.954	.910	.906	134.1904
4	.972	.944	.941	106.7002
5	.985	.971	.968	77.9550
6	.989	.978	.976	68.4912

1 Model: (Sabit), PHXBXS

2 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2

3 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE

4 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE, LOGPH

5 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE, LOGPH, PH2XS2

6 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE, LOGPH, PH2XS2 , BXS

Tablo 157. Hümkik asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	9592200.412	1	9592200.412	165.369	***
	Kalan	4060335.241	70	58004.789		
	Toplam	13652535.653	71			
2	Regrasyon	11656086.098	2	5828043.049	201.425	***
	Kalan	1996449.555	69	28934.052		
	Toplam	13652535.653	71			
3	Regrasyon	12428055.335	3	4142685.112	230.059	***
	Kalan	1224480.318	68	18007.064		
	Toplam	13652535.653	71			
4	Regrasyon	12889745.735	4	3222436.434	283.044	***
	Kalan	762789.918	67	11384.924		
	Toplam	13652535.653	71			
5	Regrasyon	13251455.038	5	2650291.008	436.120	***
	Kalan	401080.615	66	6076.979		
	Toplam	13652535.653	71			
6	Regrasyon	13347617.654	6	2224602.942	474.223	***
	Kalan	304917.999	65	4691.046		
	Toplam	13652535.653	71			

1 Model: (Sabit), PHXBXS

2 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2

3 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE

4 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE, LOGPH

5 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE, LOGPH, PH2XS2

6 Model: (Sabit), PHXBXS, B2XS2, PHKARE, LOGPH, PH2XS2 , BXS

Tablo 158. Hüyük asit sodyum tuzu ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	419,302	38,704	10,833	***
	PHXBXS	2,691	,209	12,860	***
2	(Sabit)	214,083	36,574	5,853	***
	PHXBXS	6,420	,466	13,788	***
	B2XS2	-1,115	,132	-8,446	***
3	(Sabit)	-535,365	118,043	-4,535	***
	PHXBXS	5,932	,375	15,829	***
	B2XS2	-,984	,106	-9,277	***
	PHKARE	5,390	,823	6,548	***
4	(Sabit)	47764,316	7585,202	6,297	***
	PHXBXS	5,942	,298	19,938	***
	B2XS2	-,986	,084	-11,697	***
	PHKARE	90,199	13,334	6,765	***
	LOGPH	-56177,703	8821,727	-6,368	***
5	(Sabit)	47885,615	5541,760	8,641	***
	PHXBXS	7,174	,270	26,566	***
	B2XS2	-1,179	,066	-17,735	***
	PHKARE	90,543	9,742	9,294	***
	LOGPH	-56355,624	6445,182	-8,744	***
	PH2XS2	-9,619E-03	,001	-7,715	***
6	(Sabit)	47147,404	4871,717	9,678	***
	PHXBXS	3,299	,888	3,713	***
	B2XS2	-1,232	,060	-20,682	***
	PHKARE	91,392	8,561	10,675	***
	LOGPH	-55796,162	5664,082	-9,851	***
	PH2XS2	-9,665E-03	,001	-8,823	***
	BXS	48,897	10,800	4,528	***

### 3.10.9. Sodyum Hidroksit

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regrasyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 159). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 160). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 161).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum hidroksit ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 1196.53 + 1368.89\text{LOGB} + 305.63\text{LOGS} + 6.50\text{BXS}$$

Tablo 159. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.880	.775	.772	196.5172
2	.986	.972	.972	69.2636
3	.990	.980	.979	58.9113
4	.992	.984	.983	54.2628
5	.993	.987	.986	49.3998
6	.996	.992	.991	38.5620
7	.996	.993	.992	36.8935

1 Model: (Sabit), LOGB

2 Model: (Sabit), LOGB, LOGS

3 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS

4 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2

5 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2, S2

6 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2, S2, BBKKS

7 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2, S2, BBKKS, BBKKB

Tablo 160. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA empenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	9300275.726	1	9300275.726	240.821	***
	Kalan	2703331.551	70	38619.022		
	Toplam	12003607.278	71			
2	Regrasyon	11672583.591	2	5836291.796	1216.542	***
	Kalan	331023.687	69	4797.445		
	Toplam	12003607.278	71			
3	Regrasyon	11767610.508	3	3922536.836	1130.238	***
	Kalan	235996.770	68	3470.541		
	Toplam	12003607.278	71			
4	Regrasyon	11806328.779	4	2951582.195	1002.420	***
	Kalan	197278.499	67	2944.455		
	Toplam	12003607.278	71			
5	Regrasyon	11842544.917	5	2368508.983	970.566	***
	Kalan	161062.361	66	2440.339		
	Toplam	12003607.278	71			
6	Regrasyon	11906950.370	6	1984491.728	1334.534	***
	Kalan	96656.908	65	1487.029		
	Toplam	12003607.278	71			
7	Regrasyon	11916495.133	7	1702356.448	1250.696	***
	Kalan	87112.145	64	1361.127		
	Toplam	12003607.278	71			

1 Model: (Sabit), LOGB

2 Model: (Sabit), LOGB, LOGS

3 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS

4 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2

5 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2, S2

6 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2, S2, BBKKS

7 Model: (Sabit), LOGB, LOGS, BXS, B2XS2, S2, BBKKS, BBKKB

Tablo 161. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

	Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi
1	(Sabit)	1427,453	27,947	51,077	***
	LOGB	1531,878	98,714	15,518	***
2	(Sabit)	1165,657	15,350	75,938	***
	LOGB	1531,878	34,792	44,029	***
	LOGS	424,245	19,078	22,237	***
3	(Sabit)	1196,530	14,327	83,515	***
	LOGB	1368,890	42,964	31,861	***
	LOGS	305,626	27,878	10,963	***
	BXS	6,504	1,243	5,233	***
4	(Sabit)	1197,906	13,202	90,736	***
	LOGB	1221,903	56,649	21,570	***
	LOGS	150,842	49,813	3,028	**
	BXS	24,672	5,139	4,801	***
	B2XS2	-,309	,085	-3,626	**
5	(Sabit)	1190,097	12,189	97,639	***
	LOGB	1132,183	56,587	20,008	***
	LOGS	173,481	45,728	3,794	***
	BXS	30,587	4,924	6,211	***
	B2XS2	-,367	,079	-4,650	***
	S2	-,629	,163	-3,852	***
6	(Sabit)	-329,735	231,133	-1,427	BD
	LOGB	1225,371	46,386	26,417	***
	LOGS	1500,349	204,752	7,328	***
	BXS	20,817	4,121	5,052	***
	B2XS2	-,215	,066	-3,273	**
	S2	-2,231	,275	-8,119	***
	BBKKS	1538,634	233,794	6,581	***
7	(Sabit)	391,157	350,726	1,115	BD
	LOGB	563,693	253,780	2,221	*
	LOGS	1504,489	195,899	7,680	***
	BXS	20,647	3,943	5,237	***
	B2XS2	-,206	,063	-3,275	**
	S2	-2,257	,263	-8,577	***
	BBKKS	1542,105	223,682	6,894	***
	BBKKB	-717,855	271,084	-2,648	*



CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 162). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 163). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 164).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum hidroksit ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmiştir.

$$\% \text{ Uzaklaştırılan krom miktarı} = -804.15 - 992.18\text{BBB} + 4204.42\text{LOGS} - 5.57\text{S2} + 3769.76\text{BBKKS}$$

Tablo 162. Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.797	.635	.629	332.4186
2	.913	.834	.829	225.4931
3	.952	.906	.902	170.9653
4	.982	.965	.962	105.8688
5	.982	.965	.963	105.0917
6	.986	.971	.970	95.2550
7	.985	.970	.969	96.3161
8	.996	.991	.991	52.7662
9	.996	.993	.992	48.5584

- 1 Model: (Sabit), BXS
- 2 Model: (Sabit), BXS, B2XS2
- 3 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, BBB
- 4 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, BBB, LOGS
- 5 Model: (Sabit), B2XS2, BBB, LOGS
- 6 Model: (Sabit), B2XS2, BB, LOGS, S2
- 7 Model: (Sabit), BBB, LOGS, S2
- 8 Model: (Sabit), BBB, LOGS, S2, BBKKS
- 9 Model: (Sabit), BBB, LOGS, S2, BBKKS, BXS

Tablo 163. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	13429110.674	1	13429110.674	121.528	***
	Kalan	7735149.201	70	110502.131		
	Toplam	21164259.875	71			
2	Regrasyon	17655806.826	2	8827903.413	173.616	***
	Kalan	3508453.049	69	50847.146		
	Toplam	21164259.875	71			
3	Regrasyon	19176677.833	3	6392225.944	218.694	***
	Kalan	1987582.042	68	29229.148		
	Toplam	21164259.875	71			
4	Regrasyon	20413310.714	4	5103327.678	455.321	***
	Kalan	750949.161	67	11208.196		
	Toplam	21164259.875	71			
5	Regrasyon	20413249.979	3	6804416.660	616.104	***
	Kalan	751009.896	68	11044.263		
	Toplam	21164259.875	71			
6	Regrasyon	20556334.619	4	5139083.655	566.383	***
	Kalan	607925.256	67	9073.511		
	Toplam	21164259.875	71			
7	Regrasyon	20533438.114	3	6844479.371	737.807	***
	Kalan	630821.761	68	9276.791		
	Toplam	21164259.875	71			
8	Regrasyon	20977713.853	4	5244428.463	1883.593	***
	Kalan	186546.022	67	2784.269		
	Toplam	21164259.875	71			
9	Regrasyon	21008636.989	5	4201727.398	1781.962	***
	Kalan	155622.886	66	2357.923		
	Toplam	21164259.875	71			

1 Model: (Sabit), BXS

2 Model: (Sabit), BXS, B2XS2

3 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, BBB

4 Model: (Sabit), BXS, B2XS2, BBB, LOGS

5 Model: (Sabit), B2XS2, BBB, LOGS

6 Model: (Sabit), B2XS2, BB, LOGS, S2

7 Model: (Sabit), BBB, LOGS, S2

8 Model: (Sabit), BBB, LOGS, S2, BBKKS

9 Model: (Sabit), BBB, LOGS, S2, BBKKS, BXS

Tablo 164. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	2343,439	53,528	43,780	***
	BXS	38,372	3,481	11,024	***
2	(Sabit)	2031,694	49,875	40,735	***
	BXS	105,606	7,743	13,639	***
	B2XS2	-1,661	,182	-9,117	***
3	(Sabit)	2494,149	74,432	33,509	***
	BXS	95,985	6,020	15,943	***
	B2XS2	-1,611	,138	-11,646	***
	BBB	-472,517	65,506	-7,213	***
4	(Sabit)	3003,242	66,884	44,902	***
	BXS	,722	9,806	,074	BD
	B2XS2	-,137	,164	-,831	BD
	BBB	-1066,446	69,589	-15,325	***
	LOGS	988,618	94,119	10,504	***
5	(Sabit)	3007,302	37,559	80,069	***
	B2XS2	-,125	,036	-3,470	**
	BBB	-1070,547	41,389	-25,865	***
	LOGS	995,026	35,521	28,012	***
6	(Sabit)	2944,873	37,498	78,534	***
	B2XS2	-5,823E-02	,037	-1,589	BD
	BBB	-1028,746	38,964	-26,402	***
	LOGS	1139,121	48,510	23,482	***
	S2	-1,181	,297	-3,971	***
7	(Sabit)	2915,969	33,153	87,955	***
	BBB	-992,182	31,789	-31,211	***
	LOGS	1139,121	49,051	23,223	***
	S2	-1,397	,267	-5,224	***
8	(Sabit)	-804,148	295,060	-2,725	**
	BBB	-992,182	17,416	-56,971	***
	LOGS	4204,421	244,146	17,221	***
	S2	-5,571	,361	-15,413	***
	BBKKS	3769,756	298,430	12,632	***
9	(Sabit)	-829,929	271,624	-3,055	***
	BXS	-4,159	1,148	-3,621	**
	BBB	-1058,516	24,339	-43,491	***
	LOGS	4305,786	226,414	19,017	***
	S2	-5,382	,337	-15,987	***
BBKKS	3854,758	275,634	13,985	***	

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 165). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 166). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 167).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum hidroksit ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 2696.33 - 1667.37\text{BBS} - 885.73\text{BBB}$$

Tablo 165. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.881	.777	.774	332.1954
2	.992	.985	.984	87.0576

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, BBB

Tablo 166. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	26914585.236	1	26914585.236	243.894	***
	Kalan	7724762.542	70	110353.751		
	Toplam	34639347.778	71			
2	Regrasyon	34116394.484	2	17058197.242	2250.709	***
	Kalan	522953.294	69	7579.033		
	Toplam	34639347.778	71			

1 Model: (Sabit), BBS

2 Model: (Sabit), BBS, BBB

Tablo 167. Sodyum hidroksit ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayı r	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	1996,167	56,913	35,074	***
	BBS	-1667,366	106,765	-15,617	***
2	(Sabit)	2696,333	27,173	99,229	***
	BBS	-1667,366	27,980	-59,592	***
	BBB	-885,730	28,733	-30,826	***

### 3.10.10. Sodyum Klorür

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 168). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 169). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 170).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum klorür ile uzaklaştırılan arsenik miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 7119.63 - 7348.01\text{BBKKS} - 1786.88\text{BBKKB} + 3654.87\text{BBS} - 2.69\text{S2} - 0.16\text{B2XS2}$$

Tablo 168. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.825	.680	.673	378.1613
2	.982	.964	.963	128.1114
3	.984	.969	.966	121.1964
4	.992	.984	.983	87.3432
5	.995	.989	.988	72.5456
6	.996	.992	.991	62.9779
7	.997	.994	.993	55.3127
8	.997	.994	.993	54.6665

1 Model: (Sabit), BBKKS

2 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB

3 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS

4 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2

5 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, B2XS2

6 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, B2XS2, YÜZDEXB

7 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, B2XS2, YÜZDEXB, YÜZDEXBXS

8 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, YÜZDEXB, YÜZDEXBXS

Tablo 169. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	13999986.971	1	13999986.971	97.898	***
	Kalan	6578274.341	46	143005.964		
	Toplam	20578261.313	47			
2	Regrasyon	19839696.947	2	9919848.473	604.407	***
	Kalan	738564.366	45	16412.541		
	Toplam	20578261.313	47			
3	Regrasyon	19931964.792	3	6643988.264	452.324	***
	Kalan	646296.521	44	14688.557		
	Toplam	20578261.313	47			
4	Regrasyon	20250221.705	4	5062555.426	663.609	***
	Kalan	328039.608	43	7628.828		
	Toplam	20578261.313	47			
5	Regrasyon	20357220.834	5	4071444.167	773.617	***
	Kalan	221040.478	42	5262.869		
	Toplam	20578261.313	47			
6	Regrasyon	20415646.612	6	3402607.769	857.899	***
	Kalan	162614.700	41	3966.212		
	Toplam	20578261.313	47			
7	Regrasyon	20455881.742	7	2922268.820	955.149	***
	Kalan	122379.571	40	3059.489		
	Toplam	20578261.313	47			
8	Regrasyon	20455735.865	6	3409289.311	1140.831	***
	Kalan	122525.447	41	2988.426		
	Toplam	20578261.313	47			

1 Model: (Sabit), BBKKS

2 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB

3 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS

4 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2

5 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, B2XS2

6 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, B2XS2, YÜZDEXB

7 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, B2XS2, YÜZDEXB, YÜZDEXBXS

8 Model: (Sabit), BBKKS, BBKKB, BBS, S2, YÜZDEXB, YÜZDEXBXS

Tablo 170. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	3774,522	121,438	31,082	***
	BBKKS	-1931,694	195,232	-9,894	***
2	(Sabit)	5171,631	84,725	61,040	***
	BBKKS	-1931,694	66,140	-29,206	***
	BBKKB	-1619,609	85,862	-18,863	***
3	(Sabit)	5442,983	134,708	40,406	***
	BBKKS	-2985,880	425,240	-7,022	***
	BBKKB	-1619,609	81,228	-19,939	***
	BBS	812,603	324,222	2,506	*
4	(Sabit)	6975,343	256,341	27,211	***
	BBKKS	-7348,006	741,643	-9,908	***
	BBKKB	-1619,609	58,539	-27,667	***
	BBS	3654,873	498,240	7,336	***
	S2	-3,267	,506	-6,459	***
5	(Sabit)	7119,633	215,304	33,068	***
	BBKKS	-7348,006	615,995	-11,929	***
	BBKKB	-1786,879	61,157	-29,218	***
	BBS	3654,873	413,829	8,832	***
	S2	-2,686	,439	-6,114	***
	B2XS2	-,156	,035	-4,509	***
6	(Sabit)	6762,000	208,847	32,378	***
	BBKKS	-7348,006	534,754	-13,741	***
	BBKKB	-1504,038	90,826	-16,560	***
	BBS	3654,873	359,251	10,174	***
	S2	-2,653	,382	-6,953	***
	B2XS2	-,166	,030	-5,478	***
	YÜZDEXB	1,695	,442	3,838	***
7	(Sabit)	6783,517	183,524	36,963	***
	BBKKS	-7820,281	487,389	-16,045	***
	BBKKB	-1369,218	88,009	-15,558	***
	BBS	3909,279	323,230	12,094	***
	S2	-2,630	,335	-7,848	***
	B2XS2	-1,096E-02	,050	-,218	BD
	YÜZDEXB	3,139	,556	5,647	***
	YÜZDEXBXS	-,259	,071	-3,626	***
8	(Sabit)	6782,546	181,327	37,405	***
	BBKKS	-7844,421	469,141	-16,721	***
	BBKKB	-1359,655	75,446	-18,021	***
	BBS	3922,282	313,986	12,492	***
	S2	-2,641	,328	-8,051	***
	YÜZDEXB	3,209	,448	7,167	***
	YÜZDEXBXS	-,272	,037	-7,296	***



CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 171). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 172). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 173).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum klorür ile uzaklaştırılan krom miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{ Uzaklaştırılan krom miktarı} = 3708 - 2126.68\text{BBKKS} + 1438.03\text{LOGB} + 0.18\text{YÜZDEXBXS}$$

Tablo 171. Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Tahmin hatalarının standart sapması
1	.849	.721	.715	410.7989
2	.985	.970	.969	135.2259
3	.988	.976	.974	124.3936
4	.990	.979	.977	116.0785
5	.994	.988	.987	88.2573

1 Model: (Sabit), BBKKS

2 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, YÜZDEXBXS

4 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, YÜZDEXBXS, S2

5 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, YÜZDEXBXS, S2, LOGS

Tablo 172. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
1	Regrasyon	20075550.204	1	20075550.204	118.962	***
	Kalan	7762762.463	46	168755.706		
	Toplam	27838312.667	47			
2	Regrasyon	27015440.709	2	13507720.355	738.690	***
	Kalan	822871.957	45	18286.043		
	Toplam	27838312.667	47			
3	Regrasyon	27157466.678	3	9052488.893	585.021	***
	Kalan	680845.988	44	15473.772		
	Toplam	27838312.667	47			
4	Regrasyon	27258921.559	4	6814730.390	505.761	***
	Kalan	579391.107	43	13474.212		
	Toplam	27838312.667	47			
5	Regrasyon	27511159.642	5	5502231.928	706.378	***
	Kalan	327153.025	42	7789.358		
	Toplam	27838312.667	47			

1 Model: (Sabit), BBKKS

2 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, YÜZDEXBXS

4 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, YÜZDEXBXS, S2

5 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, YÜZDEXBXS, S2, LOGS

Tablo 173. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan krom konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	4116,135	131,919	31,202	***
	BBKKS	-2313,174	212,082	-10,907	***
2	(Sabit)	3859,321	45,382	85,042	***
	BBKKS	-2313,174	69,813	-33,134	***
	LOGB	1620,684	83,192	19,481	***
3	(Sabit)	3708,266	65,029	57,025	***
	BBKKS	-2126,681	88,958	-23,907	***
	LOGB	1438,031	97,423	14,761	***
	YÜZDEXBXS	,182	,060	3,030	**
4	(Sabit)	3807,950	70,725	53,842	***
	BBKKS	-2235,232	91,956	-24,308	***
	LOGB	1332,082	98,771	13,487	***
	YÜZDEXBXS	,288	,068	4,230	***
	S2	-1,049	,382	-2,744	**
5	(Sabit)	374,806	605,698	,619	BD
	BBKKS	1229,274	612,818	2,006	*
	LOGB	1362,020	75,282	18,092	***
	YÜZDEXBXS	,258	,052	4,960	***
	S2	-4,961	,746	-6,647	***
	LOGS	2860,658	502,703	5,691	***

CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarını etkileyen faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarını tahmin etmek amacıyla Stepwise yöntemi ile SPSS istatistik paket programı kullanılarak regresyon analizi yapılmış ve elde edilen en iyi modeller belirlenmiştir (Tablo 174). Elde edilen bu modellerin varyans analizi yapılarak istatistiksel anlamda önemlilik dereceleri tespit edilmiştir (Tablo 175). Ayrıca, modellerdeki değişkenlere ait katsayılar ve önem dereceleri belirlenmiştir (Tablo 176).

Elde edilen modeller arasından en yüksek  $R^2$  değerine sahip, tahmin hatalarının standart sapması en düşük olan ve değişken sayısı en az olan model, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden sodyum klorür ile uzaklaştırılan bakır miktarını belirlemek amacıyla belirlenmiştir. Belirlenen model aşağıda verilmektedir:

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 2186.10 - 1747.56\text{BBKKS} + 1726.36\text{LOGB} - 0.19\text{B2XS2}$$

Tablo 174. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modelleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminlerin hatalarının standart sapması
1	.759	.577	.567	391.5714
2	.975	.950	.948	136.1637
3	.982	.964	.961	117.4780
4	.984	.969	.966	110.4390
5	.986	.972	.969	105.2671
6	.989	.978	.975	93.6989

1 Model: (Sabit), BBKKS

2 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2

4 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2, YÜZDE2XB2

5 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2, YÜZDE2XB2, YÜZDE2XS2

6 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2, YÜZDE2XB2, YÜZDE2XS2, YÜZDEXS

Tablo 175 . Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regrasyon modellerin varyans analizi

Model	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi	
1	Regrasyon	9607197.570	1	9607197.570	62.658	***
	Kalan	7053095.097	46	153328.154		
	Toplam	16660292.667	47			
2	Regrasyon	15825968.051	2	7912984.026	426.793	***
	Kalan	834324.616	45	18540.547		
	Toplam	16660292.667	47			
3	Regrasyon	16053044.689	3	5351014.896	387.724	***
	Kalan	607247.977	44	13801.090		
	Toplam	16660292.667	47			
4	Regrasyon	16135831.552	4	4033957.888	330.740	***
	Kalan	524461.114	43	12196.770		
	Toplam	16660292.667	47			
5	Regrasyon	16194884.116	5	3238976.823	292.296	***
	Kalan	465408.551	42	11081.156		
	Toplam	16660292.667	47			
6	Regrasyon	16300334.182	6	2716722.364	309.440	***
	Kalan	359958.485	41	8779.475		
	Toplam	16660292.667	47			

1 Model: (Sabit), BBKKS

2 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB

3 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2

4 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2, YÜZDE2XB2

5 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2, YÜZDE2XB2, YÜZDE2XS2

6 Model: (Sabit), BBKKS, LOGB, B2XS2, YÜZDE2XB2, YÜZDE2XS2, YÜZDEXS

Tablo 176. Sodyum klorür ile remidasyona tabi tutulan CCA emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla elde edilen regresyon modellerinin katsayıları

Model	Katsayılar	Standart sapma	t-testi	Önem Derecesi	
1	(Sabit)	2332,305	125,744	18,548	***
	BBKKS	-1600,195	202,155	-7,916	***
2	(Sabit)	2089,200	45,696	45,719	***
	BBKKS	-1600,195	70,297	-22,763	***
	LOGB	1534,173	83,769	18,314	***
3	(Sabit)	2186,103	46,099	47,422	***
	BBKKS	-1747,558	70,698	-24,719	***
	LOGB	1726,358	86,419	19,977	***
	B2XS2	-,192	,047	-4,056	***
4	(Sabit)	2168,716	43,847	49,461	***
	BBKKS	-1750,979	66,475	-26,340	***
	LOGB	1479,592	124,785	11,857	***
	B2XS2	-,197	,045	-4,412	***
	YÜZDE2XB2	9,426E-03	,004	2,605	*
5	(Sabit)	2241,633	52,387	42,790	***
	BBKKS	-1832,984	72,641	-25,234	***
	LOGB	1369,462	128,152	10,686	***
	B2XS2	-,152	,047	-3,243	**
	YÜZDE2XB2	1,187E-02	,004	3,290	**
	YÜZDE2XS2	-3,318E-04	,000	-2,308	*
6	(Sabit)	1757,394	147,299	11,931	***
	BBKKS	-1396,867	141,478	-9,873	***
	LOGB	1472,291	117,865	12,491	***
	B2XS2	-,177	,042	-4,181	***
	YÜZDE2XB2	8,947E-03	,003	2,695	*
	YÜZDE2XS2	-2,124E-03	,001	-3,987	***
	YÜZDEXS	1,777	,513	3,466	***

## 4. İRDELEME

### 4.1. İklim Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi

İklim koşulları ağaç malzemenin çürüme oranına önemli derecede etki etmektedir. Bu nedenle, ağaç malzemelerin tahmini kullanım süreleri maruz kaldıkları ortam ve iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Ağaç malzemelerin uygun şekilde emprenye edilmediği takdirde, buldukları ortamın iklim şartlarına maruz kalarak biyotik ve abiyotik faktörler tarafından bozundurulması söz konusudur. Genel olarak, sıcaklığın ve bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde, soğuk ve bağıl nemin düşük olduğu bölgelere oranla ağaç malzemelerin çürüklük riski daha yüksektir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki tel direklerinin kullanım süresine iklim koşullarının etkisini belirlemek amacıyla Meteoroloji Müdürlüğünden elde edilen iklim verileriyle, çalışma kapsamında çalışılan illere ait (Trabzon, Rize ve Artvin) çürüklük riskleri ortaya konmuştur.

Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait Walter yöntemine göre iklim diyagramları, ortalama yüksek sıcaklık, ortalama düşük sıcaklık ve ortalama sıcaklık grafikleri (Şekil 46-51) ve Doğu Karadeniz Bölgesi yağış dağılımı haritası incelendiğinde (Şekil 52), çalışma kapsamındaki iller arasında Rize ilinin gerek yüksek yağış miktarı gerekse ortalama sıcaklık ve ortalama bağıl nem oranının mantarların gelişmesi için çok elverişli olmasından dolayı ağaç malzemenin çürüklük riskinin en yüksek il olduğu tespit edilmiştir. Amerikan Hava Tahmini Bürosu (US Weather Bureau) tarafından çevrenin iklimik koşulları esas alınmak suretiyle ağaç malzemeler için çürüme riski belirlemek amacıyla iklim endeksleri aşağıdaki gibi geliştirilmiştir [158]:

$$\text{İklim indeksi} = \frac{\sum_{\text{Ocak}}^{\text{Aralık}} (T-35) (D-3)}{30}$$

Burada; T: aylık ortalama sıcaklık (°F),

D: bir ayda 0.01 inch (0.254 mm) ve daha fazla yağış alan günlerin sayısı

$\sum_{\text{Ocak}}^{\text{Aralık}}$  : bir yıl için takip eden ayların yağış verileri toplamıdır.

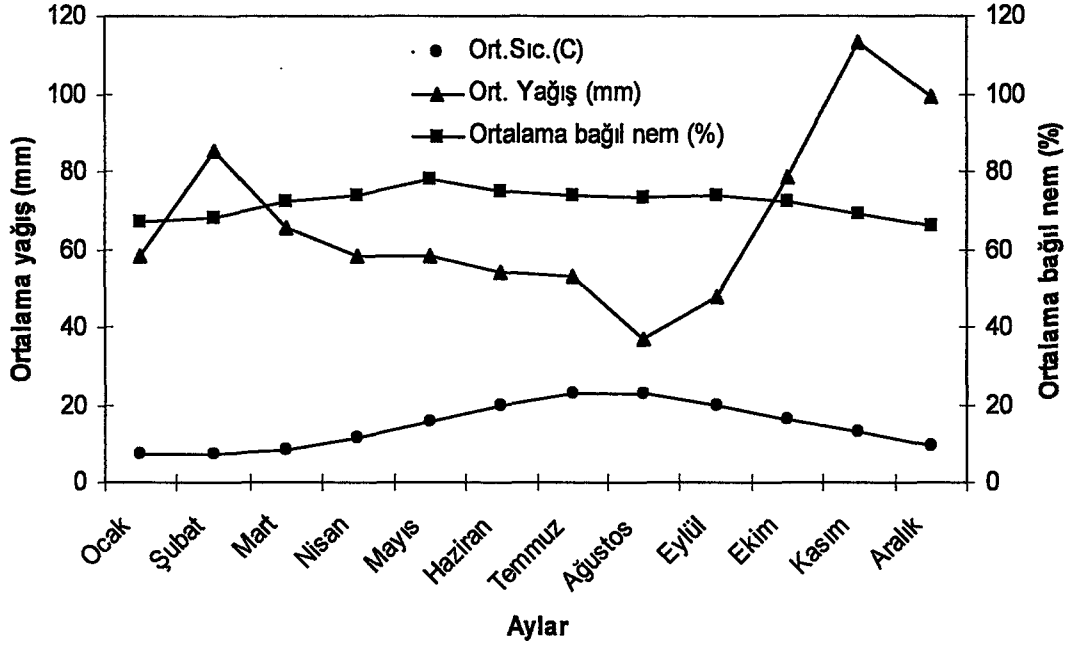
Yukarıdaki iklim indeksi 35 veya daha az olan bölgelerde çürüme tehlikesi ve riski nispeten düşük, 35 ile 65 arasındaki bölgelerde orta seviyede ve iklim indeksi 65 den daha fazla olan bölgelerde ağaç malzemenin çürüme riskinin çok yüksek olduğu bildirilmiştir. Scheffer yaptığı çalışmalarla Amerika Birleşik Devletlerinin çürüklük riski haritasını yukarıdaki belirtilen iklim indeksi formülüne göre belirlemiştir (Şekil 53, 54). Bu çalışmanın sonucuna göre, Amerika'nın Florida, Mississippi, Louisiana, Güney Carolina ve Washington eyaletinin pasifik okyanusu kıyısındaki bölümünü içeren bölgelerde çürüme riskinin en yüksek olduğu; Texas'ın doğusu, Colorado, Arizona, California, Nebraska, Idaho ve Wyoming eyaletlerini içeren orta merkez olarak da adlandırılan bölgelerde ise ağaç malzemelerin çürüme riskinin en düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çürüklük riski haritası sayesinde ağaç malzemelere nasıl bir koruma işlemi uygulanması gerektiğine karar verilmekte (emprenye maddesi seçimi ve minimum gerekli retensiyon miktarı) ve bununla ilgili yaptırımların uygulanması sağlanmaktadır [158].

Bugüne kadar, ülkemize ait çürüklük riski haritaları belirlenmemiş ve konuya yönelik yeterince araştırma yapılmamıştır. Bununla birlikte, iklim özelliklerinden dolayı Doğu Karadeniz Bölgesi ülkemizdeki çürüklük riskinin en fazla olduğu bölgedir. Bu tez kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon, Rize ve Artvin illerindeki 2000-2002 yıllarına ait iklim verileri Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilerek, yukarıda bahsedilen illere ait iklim endeksleri ve ağaç malzemelerin çürüme risk grupları belirlenmiştir (Tablo 177) [159].

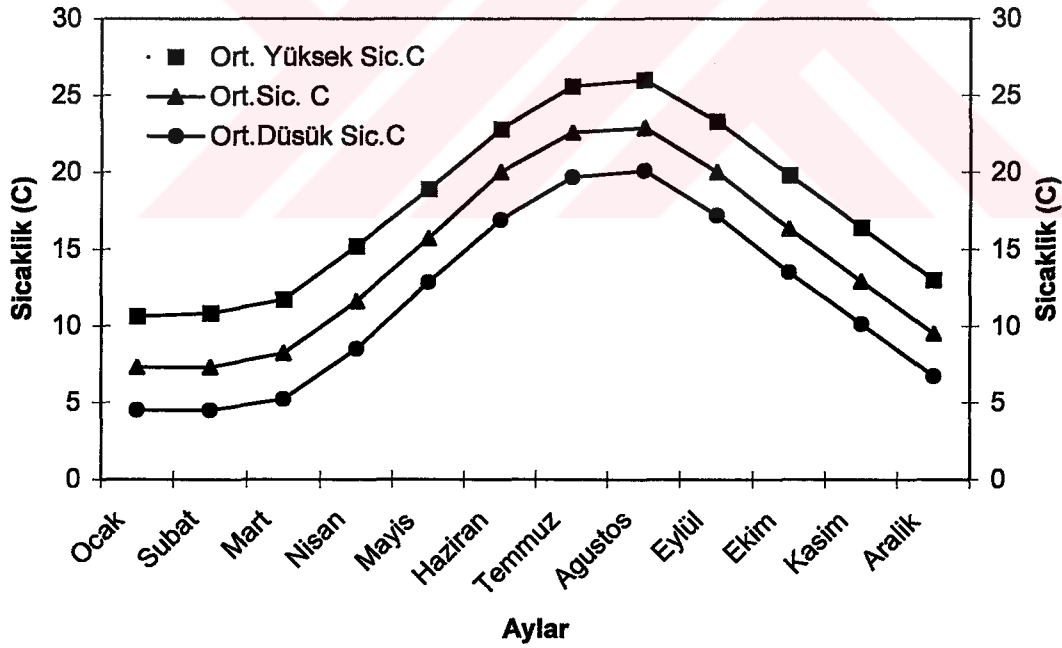
Tablo 177. Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle belirlenen iklim endeksleri

Yıllar	Trabzon	Rize	Artvin
2000	65	96	41
2001	63	89	44
2002	73	93	45
Ortalama	67	92.6	43.3

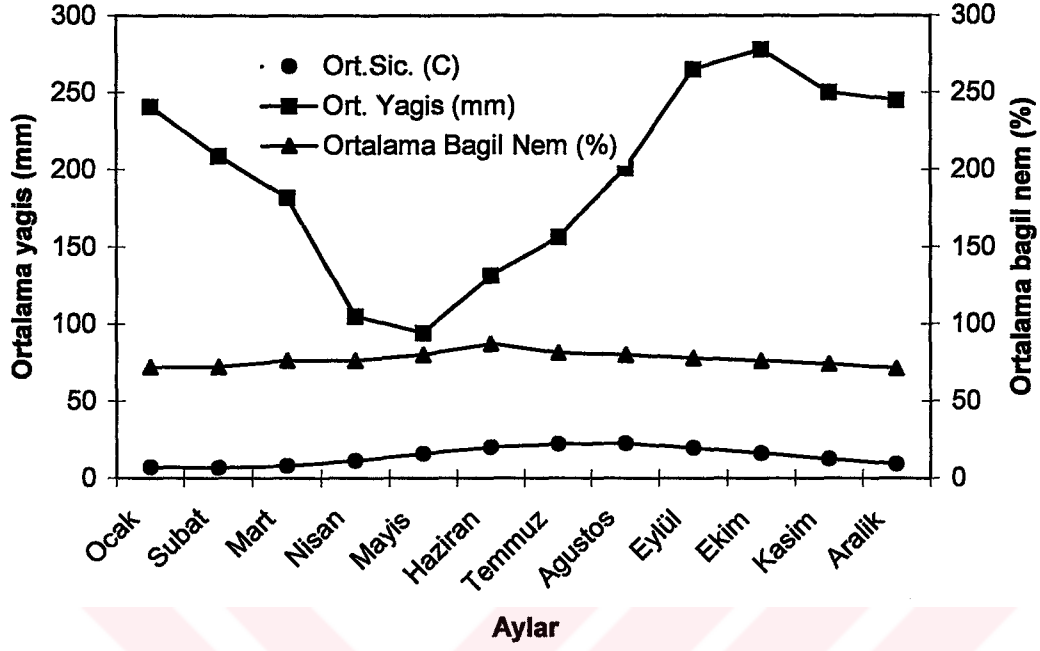




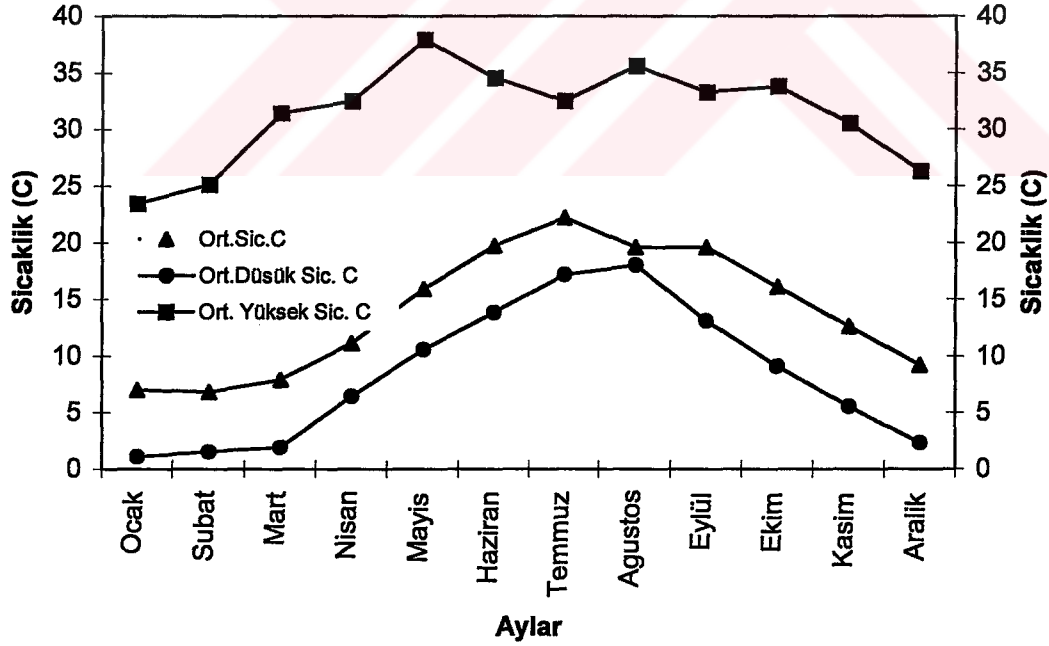
Şekil 46. Trabzon ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı



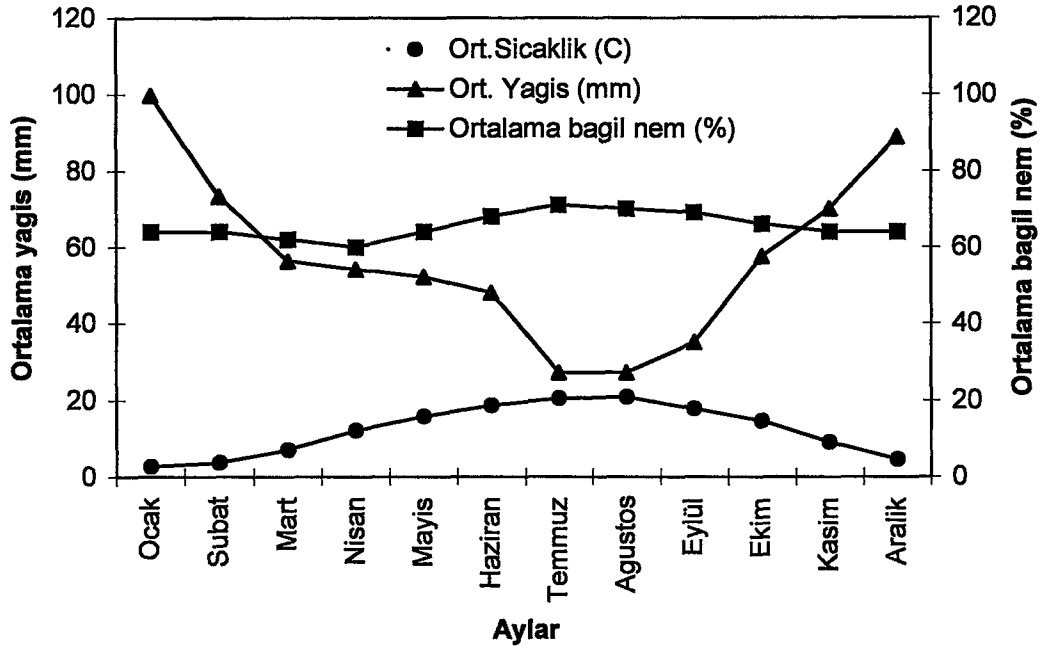
Şekil 47. Trabzon Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri



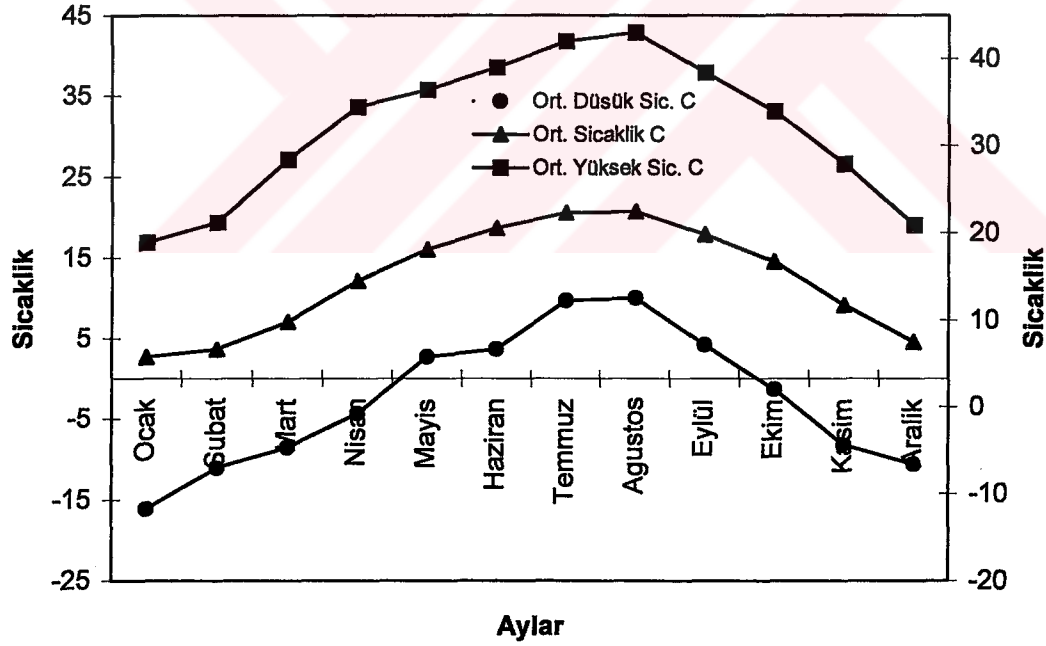
Şekil 48. Rize ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı



Şekil 49. Rize Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 50. Artvin ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı



Şekil 51. Artvin Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri

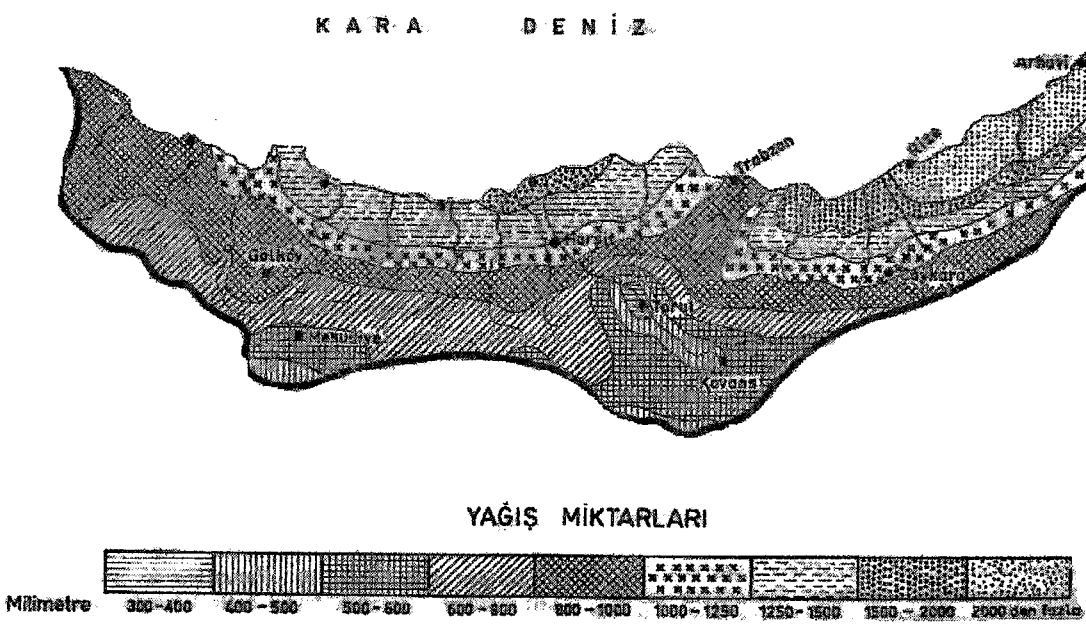
Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim endeksi formülüyle Trabzon, Rize ve Artvin illerindeki 2000-2002 yıllarına ait hesaplanan iklim endekslerine göre, ağaç malzemelerin çürüklük riski Rize ili için en yüksek iken Artvin ili için en düşük olarak tespit edilmiştir (Şekil 55). Trabzon ve Rize illeri için hesaplanan iklim endeksleri 65'den daha yüksek olduğundan ağaç malzemelerin çürüklük riski en yüksek gruba girmektedir. Artvin ili için hesaplanan iklim endeksi 35-65 arasındaki gruba girdiğinden, çürüklük riski orta seviyededir. Bu nedenle, özellikle Trabzon ve Rize illerinde kullanılan tel direklerinin gerek emprenye edilmeleri gerekse kullanımları sırasında gerekli özenin gösterilmesi zorunludur.

Mantar ve böceklerin saldırılarına maruz kalan odun ürünlerinin kullanım sürelerinin artırılması genellikle kimyasal koruyucuların (emprenye maddelerinin) uygulanmasını gerektirir. Bununla birlikte, bu emprenye maddelerin etkinlikleri böceklere ve odun çürüten organizmalara karşı zehirliliğine ve ağaç malzemelerin kullanımda iken emprenye maddelerinin odundan yıkanıp yıkanmamasına bağlıdır.

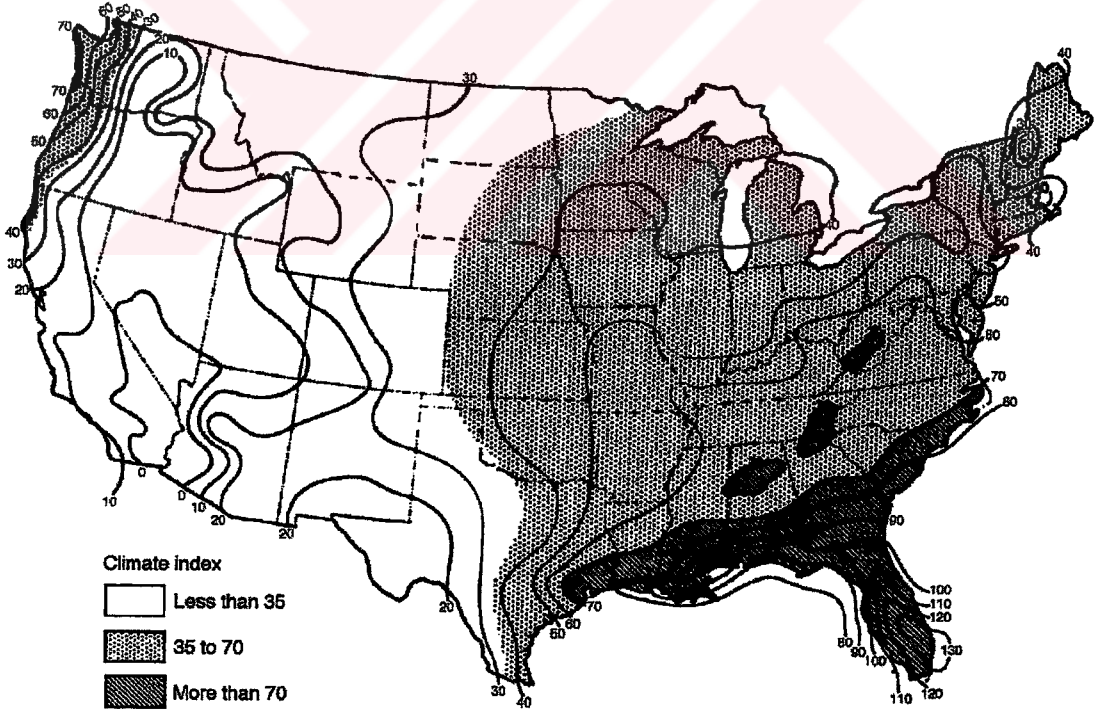
CCA suda çözünen bir çok değişik amaç için kullanılabilen, son yıllarda kullanım oranı önemli derecede artan bir emprenye maddesidir. Bu artışla birlikte, CCA'nın odundan yıkanmasının insanlara ve çevreye olumsuz etkisinin olup olmadığına yönelik endişeler gündeme gelmiştir. CCA'nın etkinliği, CCA'nın bileşenlerinin mantar ve böceklere karşı etkin olacak kadar çözünür olması ve aynı zamanda odundan yıkanıp uzaklaşmayacak kadar düşük çözünürlüğe sahip olması arasındaki hassas bir dengeyi gerektirmektedir.

Bugüne kadar CCA'nın yıkanması konusunda yapılan araştırmaların büyük bir bölümü laboratuvar şartlarında yıkanmayı etkileyen faktörlerin veya yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarını belirlenmesine odaklanmıştır ve birçok çalışmada birbirinden çok farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Bunların sadece birkaçında, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarına gerçek dış ortam koşullarında iklim özelliklerinin etkisi araştırılmıştır.

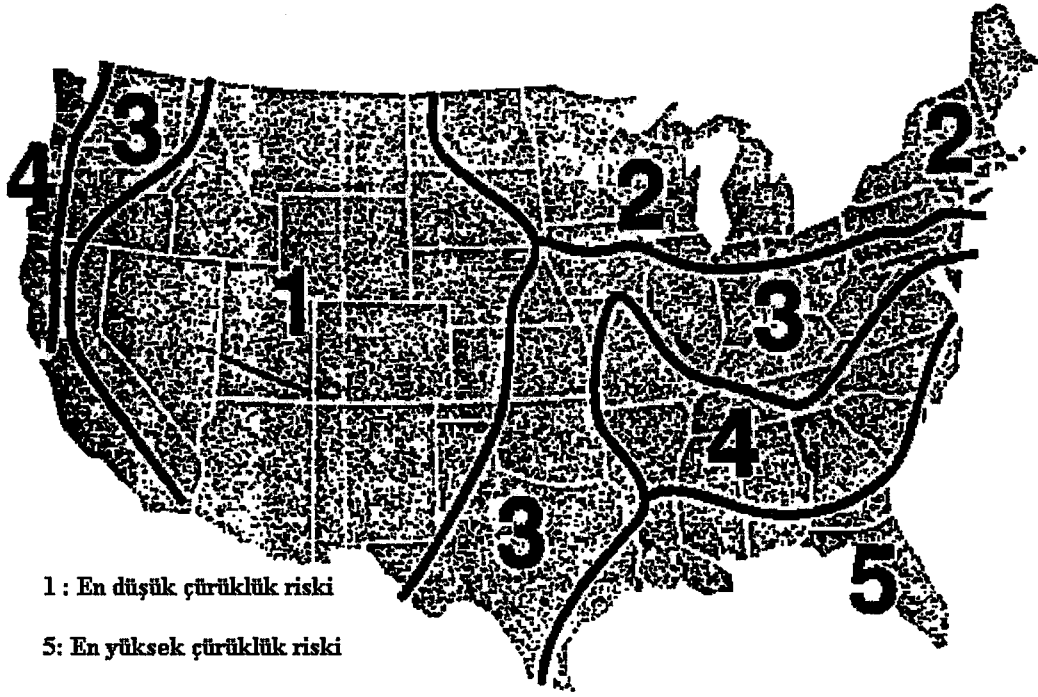
Yapılan bir çalışmada, güney çamı (*Pinus spp.*), jack çamı (*Pinus banksiana Lamb.*) ve ladin (*Picea mairana*) 3.81 cm kalınlık ve 13.52cm genişliğindeki keresteler 20.32cm boyunda kesilmiş ve örneklerin uç kısımları emprenye işleminin öncesinde ve fiksasyondan sonra su itici maddelerle kaplanmıştır. Örnekler %1 ve %3'lük CCA emprenye çözeltisiyle boş hücre yöntemine göre emprenye edilmiştir. Emprenyeli örnekler Toronto Üniversitesi kampüsünde 183 gün süreyle dış hava koşullarına maruz bırakılmış ve iklim özelliklerinin



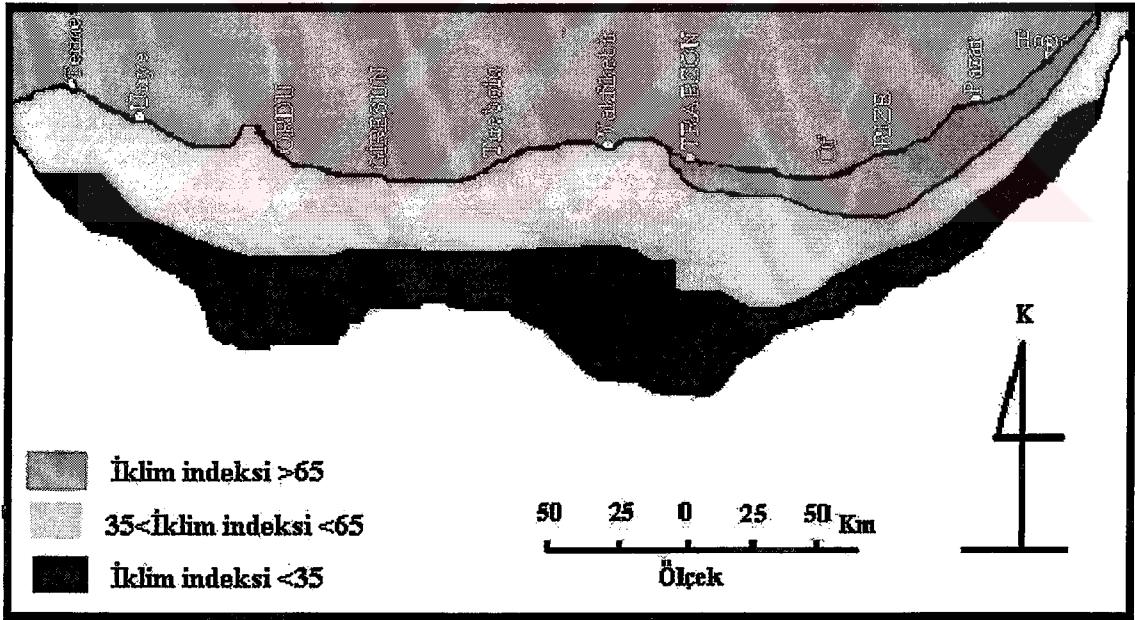
Şekil 52. Doğu Karadeniz Bölgesi yağış dağılımı haritası



Şekil 53. Amerika Birleşik Devletlerinin Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle belirlenen ağaç malzemelerin çürüklük riski haritası



Şekil 54. Amerika Birleşik Devletleri için belirlenen tel direklerinin çürüklük riski haritası



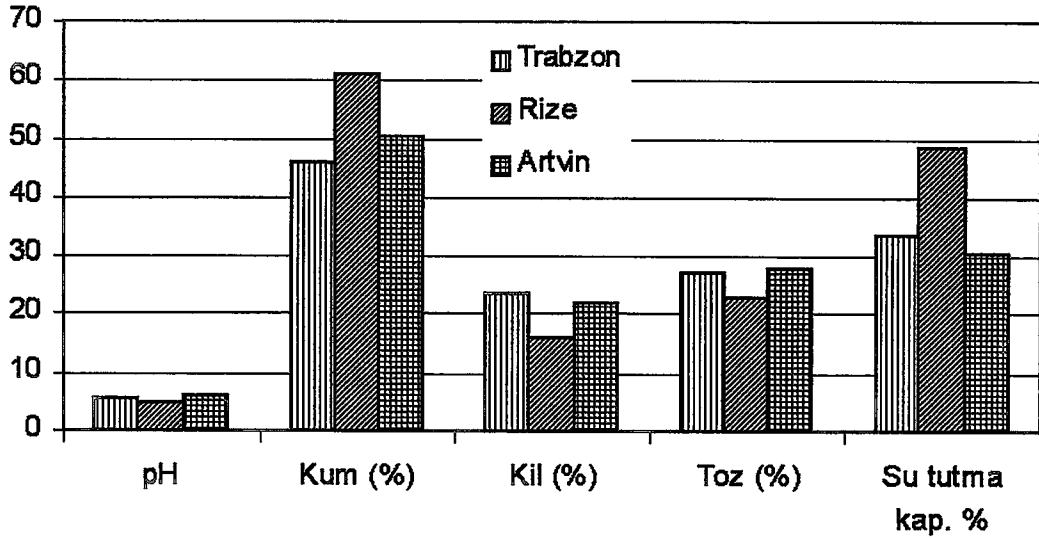
Şekil 55. Amerika Birleşik Devletlerinin Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle Devlet Meteoroloji İstasyonundan Doğu Karadeniz Bölgesine ait alınan veriler yardımıyla belirlenen Doğu Karadeniz Bölgesi çürüklük riski haritası

#### 4.2. Toprak Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi

Doğu Karadeniz Bölgesinin toprak özelliklerinin tel direklerinin kullanım sürelerine etkisini belirlemek amacıyla, Trabzon, Rize ve Artvin illerinden 0-5cm ve 30-40cm derinlik seviyelerinden alınan toprak örneklerinde pH, su tutma kapasitesi, kum, kil ve toz miktarları belirlenmiştir (Şekil 56,57). Elde edilen bulgulara göre, pH değerleri Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en düşük, Artvin ilinden alınan örneklerde ise en yüksek bulunmuştur. Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde kum oranı en düşük iken, Rize ilinden alınan örneklerde kum oranı en yüksek olarak tespit edilmiştir. Kil oranları incelendiğinde, en düşük kil oranı Rize ilinde, en yüksek kil oranı ise Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde bulunmuştur. Toz oranları Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en düşük olarak tespit edilirken, Artvin ilinde toz oranı en yüksek bulunmuştur. Su tutma kapasitelerine bakıldığında en düşük su tutma kapasitesi Artvin ilinden alınan toprak örneklerinde tespit edilirken, en yüksek su tutma kapasitesi Rize ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir.

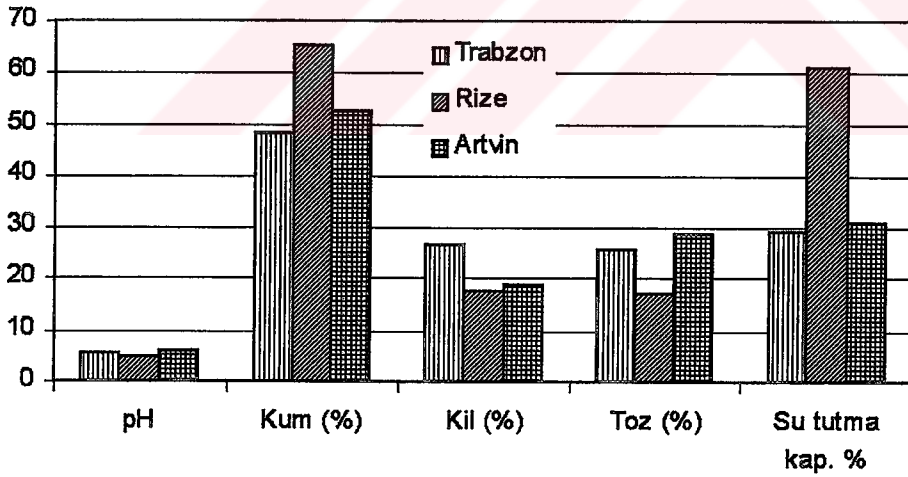
Doğu Karadeniz Bölgesinde toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çok çalışma yapılmıştır. Bununla birlikte, bu çalışmalar genellikle ormancılık ve tarımsal çalışmalara ışık tutmak için yapılmıştır. Rize ili İkizdere bölgesinde yapılan bir çalışmada [138], genel ortalamalar bakımından kum oranı % 59.51–75.59 arasında değişirken en yüksek kum miktarına Doğu Ladini (*Picea orientalis*) + Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) bükü altında gelişen orman üst topraklarında, en küçük kum miktarına tarım alt topraklarında rastlanmıştır. Toz miktarı % 14.34–23.28 arasında değerler almaktadır. En düşük toz miktarına yükseltiye göre orman alt topraklarında, en büyük toz miktarına yükseltiye göre orman üst topraklarında rastlanmıştır. Ortalama kil oranı % 9.79–22.43 arasında değişmektedir. En düşük kil miktarına Doğu Ladini (*Picea orientalis*) + Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) bükü altında gelişen orman üst topraklarında, en yüksek kil miktarına tarım alt topraklarında rastlanmıştır. Su tutma kapasitesi ortalama olarak % 33.89–56.22 arasında değişmektedir. En büyük su tutma kapasitesine güneşli bakılar altında gelişen orman üst topraklarında, en küçük su tutma kapasitesine otlak üst topraklarında rastlanmıştır. Faydalı su miktarı % 7.34–13.64 arasında değişmektedir. En yüksek faydalı su miktarına Doğu Ladini (*Picea orientalis*) + Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) bükü altında

gelişen orman üst topraklarında, en düşük faydalı su miktarına güneşli bakılar altında gelişen orman üst topraklarında rastlanmıştır. pH değeri ortalama



#### Toprak özellikleri

Şekil 56. Trabzon, Rize ve Artvin İllerinden 0-5cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde belirlenen toprağın mekanik özellikleri ve pH'sı



#### Toprak özellikleri

Şekil 57. Trabzon, Rize ve Artvin İllerinden 30-40cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde belirlenen toprağın mekanik özellikleri ve pH'sı olarak 4.12-5.90 arasında değişmektedir. En yüksek pH miktarına orman topraklarının alt katmanlarında, en düşük pH değerine asit anakayalar üzerinde gelişen orman üst topraklarında rastlanmıştır.



Kalay, Rize masifinde bazı toprak özelliklerinin yükselti basamaklarına göre değişimlerini araştırdığı çalışmasında  $A_h$  horizonundan  $C_v$  horizonuna doğru gidildikçe toprak tepkimesi, kil oranı, toz oranı, toz + kil oranı değerlerinin doğrusal yönde arttığını belirlemiştir [163].

Türüdü, Trabzon İli Hamsiköy yöresinde farklı arazi kullanım koşulları altındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırdığı çalışmasında, mısır tarlası topraklarında ortalama miktarları olarak kumu % 55.40, tozu % 26.50, kili % 18.10, organik maddeyi % 3.28, gözenek hacmini % 39.21, geçirgenliği 4.42 cm/saat, tarla kapasitesi % 22.35, solma noktasını % 13.16 ve pH'sını 7.10; çayırlik alanda kumu % 65.70, tozu % 23, kili % 11.30, organik maddesi % 4.34, gözenek hacmini % 56.38, geçirgenliği 23.13 cm/saat, tarla kapasitesini % 27.16, solma noktasını % 13.16 ve pH'yı 6.0; doğu ladini ormanında, kumu % 61.10, tozu % 26.90, kili % 12, organik maddeyi % 7.44, gözenek hacmini % 59.19, geçirgenliği 13.08 cm/saat, tarla kapasitesini % 32.64, solma noktasını % 21.27 ve pH'yı 5.30 olarak belirlemiştir [164].

Ateşalp, Rize yöresi tarım topraklarının çeşitli özelliklerini araştırdığı çalışmasında, araştırma sahası topraklarında ortalama olarak, kumun % 34.40-39.30, tozun % 38.60-39.20, kilin % 27-21.50, pH'nın 4.10-5.10, tarla kapasitesinin % 35.90-44.60 ve solma noktasındaki nemin % 18.30-26.0 değerleri arasında değiştiğini belirlemiştir [165].

Eyüpoğlu, Türkiye topraklarının verimlilik durumunu araştırdığı çalışmasında Rize yöresi çay tarımı topraklarının alansal olarak % 50-70' nin kumlu tozlu balçık tekstürde, hafif asit reaksiyonlu ( $5.5 < \text{pH} < 6.5$ ) ve % 2-3 oranında organik madde içerdiğini belirlemiştir [166].

Bayraklı (167), Pazar-Hemşin Bölgesinde mısır tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel özelliklerini araştırdığı çalışmasında ortalama olarak, kumun % 52.40-64.30, tozun (%) 18.4-29.20, kil'n (%) 6.50-27.40, pH'yı 4.35-5.65 ve organik maddenin % 1.94-2.28 arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir [167].

Gülçur, Rize mıntıkasında, nemli şartlar altında gelişmiş bazı bakir toprakların kil fraksiyonlarının kimyasal ve minerolojik özelliklerini araştırdığı çalışmasında incelenen toprakların; balçık, killi balçık, tozlu balçık ve ince kumlu balçık tekstüründe olduğunu belirlemiştir. Araştırılmış olan toprak profillerinde higroskopik rutubet % 3.90-12.17, ateşte kayıp % 13.42-28.95, aktüel asitlik (pH) 4.12-5.14 arasında değişmektedir [168].

Karagül, Trabzon-Söğütlü havzasında farklı arazi kullanım şartları altındaki toprakların bazı özellikleri ile aşınım eğilimlerini araştırdığı çalışmada; arazi kullanım şekline göre, dispersiyon oranı, kolloid/nem ekivaleni oranı, toz oranı, solma noktası, geçirgenlik, hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, ateşte kayıp, organik madde, toprak tepkimesi, iskelet içeriği ve kök oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılığın olduğunu belirlemiştir. Aşınım eğilim indeksi olarak dispersiyon oranı tüm havza topraklarında sınır değer olan 15' ten büyük çıkmıştır. Buna göre araştırma alanı toprakları aşınımına duyarlı bulunmuştur [169].

Anşin ve arkadaşları, Artvin-Fıstıklı köyündeki fıstık çamı bükütün floristik yapısı ve toprak özelliklerini araştırdıkları çalışmada; toprakların kumlu balçıklı tekstürde, ortalama olarak tane yoğunluğunun  $2.35 \text{ gr/cm}^3$ , hacim ağırlığının  $1.06 \text{ gr/cm}^3$ , pH'nın 6.61, ateşte kayıp oranının % 7.35 olduğunu belirlemiştir. Aynı çalışmada toprakların üç aşınım eğilimi indeksine göre aşınımına karşı duyarlı olduğunu ortaya koymuşlardır [170].

Hudson, A.B.D.'lerinde yaptığı bir çalışmada, kumlu, tozlu balçık ve tozlu killi balçık tekstüründeki topraklarda organik madde ile faydalı su arasında nasıl bir ilişki olduğunu araştırmış, tozlu balçık topraklarda toz oranı arttıkça faydalı suyun arttığı, tozlu killi balçık topraklarda toz oranı arttıkça faydalı suyun azaldığını ortaya koymuştur. Farklı tekstürdeki tüm toprak gruplarında organik madde arttıkça faydalı su oranı artmıştır. Organik madde ile faydalı su arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon belirlenmiştir. Aynı tekstürlü topraklarda organik madde oranı % 1 den % 4 'e çıktığı zaman faydalı su miktarında iki kat bir artış olduğu belirlenmiştir [171].

Jamson ve Kroth, A.B.D.'lerinin Missouri eyaletindeki toprakların rutubet depolama kapasitesi ile tekstür yapısı ve organik madde arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Topraktaki organik madde ve kil miktarı arttıkça rutubet miktarının arttığı, tane yoğunluğunun azaldığını belirlemiştir. Topraktaki kil oranı % 12 'nin altına düştüğü veya % 25' in üstüne çıktığı zaman topraktaki yararlanılabilir su miktarının en düşük seviyeye indiğini belirlemiştir [172].

CCA ile emprenyeli tel direklerinin özellikle toprakla temas edilen kısımlarında meydana gelen tahribatlarda, toprağın mekanik özellikleri ve toprağın pH'sı önemli rol oynamaktadır. Amerikan Odun Korumacılar Birliğinin de rapor ettiği üzere, genel olarak organik maddece zengin, su kapasitesi yüksek ve pH'sı düşük olan toprakla temasta olan

ağaç malzemelerin çürütme riskinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki CCA ile emprenyeli tel direklerinin kullanım sürelerine toprak özelliklerinin etkisini daha iyi ortaya koymak amacıyla toprak grupları belirlenmiş (Şekil 58) ve toprak özellikleri hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir [173].

**Gri-Kahverengi Podzolik Topraklar:** Gri-kahverengi podzolik topraklar Doğu Karadeniz havzasında en yaygın büyük toprak grubudur. Kırmızı-sarı podzolik, Kahverengi Orman ve Yüksek Dağ - Çayır toprakları ile birlik teşkil ederler. Arızalı dağlık araziler üzerinde oluşan bu toprakların büyük bir çoğunluğu sıg olup, ancak küçük, yerel sahalarda bazı derin profillere rastlanabilir. Üst toprak katı çoğunlukla koyu gri kahverengindedir. Bünyeleri killi tın ile kumlu tın arasında değişmekte olup kil gibi ince bünyelere pek rastlanmaz. Sulandırılmış tuz asidi ile muamelede herhangi bir köpürme görülmez. Diğer bir deyimle serbest kireç ihtiva etmezler. pH dereceleri 5.5 - 6.5 arasında değişmekte ve bu değerler yağışın daha fazla olduğu Rize ve dolaylarında daha da düşmektedir. Yağışın artmasına paralel olarak yıkanmanın da arttığı görülür. Organik madde miktarları eğim, erozyon ve uzun zamandan beri ekim dikim yapıp yapılmama durumuna göre değişiklik arz etmekle beraber genellikle yeterli durumdadır. Doğu Karadeniz havzasındaki Gri-kahverengi podzolik topraklarda katyon değişim kapasitesi 20 - 40 meq/100 gr. arasında değişmektedir [173].

**Kırmızı-Sarı Podzolik Topraklar:** Doğu Karadeniz Havzasının sahil kesiminde ikinci önemli büyük toprak grubunu Kırmızı-Sarı Podzolik topraklar teşkil eder. Bu topraklara havzanın batı kesiminde, Ünye-Perşembe arasında ve Trabzon'dan başlayarak Hopa'ya kadar uzanan sahil kesiminde rastlanmaktadır. Pazar Deresi Yağış Havzası içinde en geniş alana yayılmış hakim toprak tipidir. Bu toprak deniz kıyısından itibaren 600 -700 m. yükseltilere kadar geniş alanlarda yayılmaktadır. Bu yükselti kuşağında yağışın ve sıcaklığın fazlalığı ve yapraklı orman ağaçlarının hakim olması, bu toprakların oluşmasında başlıca rol oynamaktadır. Toprak profili boyunca A-B ve C horizonlarına sahip oldukları için zonal topraklar olarak adlandırılırlar. A<sub>1</sub> horizonu nispeten ince olup koyu renklidir. Karakteristik özelliği, B horizonunun koyu kırmızıdan-koyu sarıya doğru değişen renkte ve yuvarlak köşeli ve blok yapıda olmasıdır. Renklenmedeki bu değişiklik demirin oksitlenmesi ve hidratlaşmasından meydana gelmektedir. Profil içerisinde A<sub>2</sub> ve B horizonu arasındaki sınır belirgindir. A horizonundan

yıkanarak gelen kil, demir, alüminyum ve organik madde B horizonunda birikir [174, 175,176]

**Kahverengi Orman Toprakları:** Kahverengi orman topraklarına havzada, çeşitli orman altında kalan toprak grubudur. Bu arada çeşitli nedenlerle orman örtüsü ortadan kalkmış veya seyrek çalılara dönüşmüş arazilerde de bu topraklara rastlanır. İntrazonal toprakların kalsimorfik grubuna dahil olan bu toprakların havzada yaygın olduğu yerler Termenin güneyi, Mesudiye'nin güneyi ile Zigana geçidi ve Gümüşhane dolayları olup buraları yağışlı sahil kuşağı ile kurak iç kesimler arasında kalan geçit kısımlardır. Çoğunlukla, üzerlerinde oluştukları kayalar kireçce zengin ana materyallerdir. Eğimin azalmış olduğu yerlerde pek az rastlanan derin orman toprakları profillerinde, üst toprak rengi, ihtiva ettiği organik madde miktarına göre koyu gri kahve, koyu kahverengi ve kahverengi olmakta, bünyeleri ise orta ve hafif arasında değişmektedir. Alt toprak, üst kata oranla ihtiva ettiği fazla kil sebebiyle, granüler veya yuvarlak köşeli blok yapıya sahiptir [173].

**Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları:** Havzada, Mesudiye dolaylarında Gri-Kahverengi Podzolik topraklarla Kahverengi Orman toprakları arasında dar bir şerit halinde Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları bulunmaktadır. A. B. C profiline sahip olan bu toprakların derin olanlarında A horizonu koyu renkli olup granüler yapı arz eder. B horizonu zayıf teşekkül etmiş kahverengi veya koyu kahverenginde, granüler veya köşeli blok yapıdadır. Birikme horizonu olan B horizonunda kil birikimi oldukça azdır. Bazlarla doymuşluk oranları çok düşük olmayıp genellikle % 50'nin üzerindedir. Katyon mübadele kapasitelerine göre, ihtiva ettikleri killerin önemli bir kısmı illit ve kaolen grubundandır [173].

**Kahverengi Topraklar :** Kahverengi Topraklara, havzanın orta güney sınırında rastlanır. Erozyona uğramamış ve yeterli derinliğe sahip profillerinde A horizonu 10 - 20 cm. kalınlığında, kuru iken kolayca dağılabilen kramb yapıda ve açık kahverengi renktedir. Tesirli toprak derinliği, erozyon ve eğime göre, geniş bir değişiklik gösterir. Çoğunluğu sığ olup taşlılık yaygındır [173].

**Yüksek Dağ-Çayır Toprakları:** Genel olarak yüksek rakımlarda ve orman sınırının daha yukarı kısımlarındaki sahalarda yer alan bu topraklar, yıl içindeki toprak oluşum süresinin kısa olması sebebiyle profil oluşumu gelişmemiş, çoğu kez A-C horizonlarına sahip olan intrazonal topraklardır. Bu toprak tipinde, üst toprak koyu

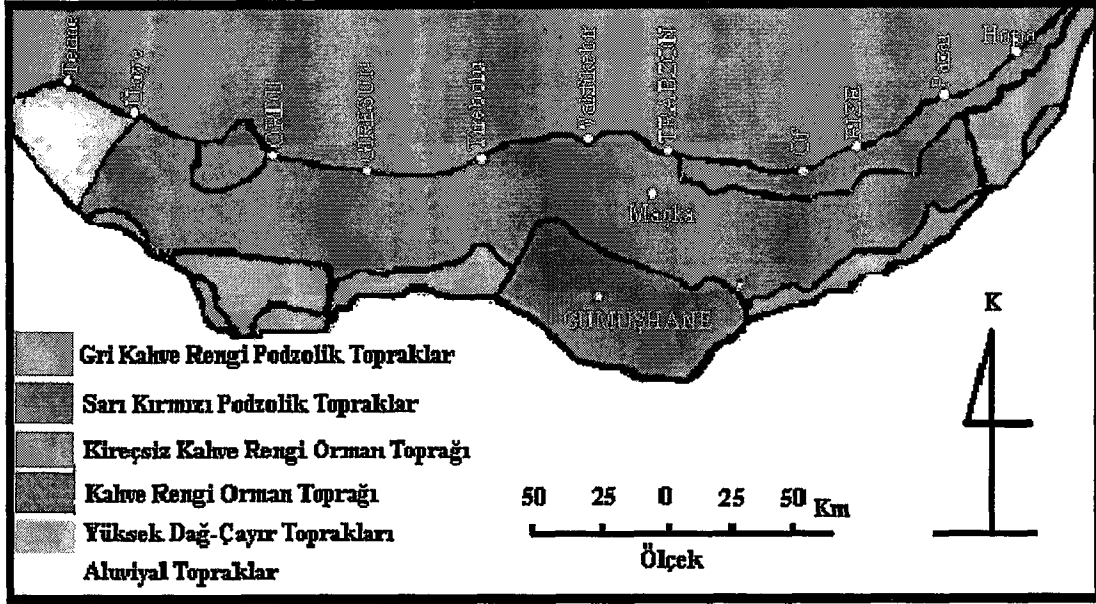
kahverengi veya grimsi kahverenginden siyaha kadar değişmektedir. Çoğunlukla sığ ve taşlı olan bu topraklarda, bazen alt toprak mevcut olup, bunların içinde sarı pas veya gri renkli düzensiz çizgiler veya lekeler bulunmaktadır. Organik madde ayrışması, parçalanması yeter derecede olmadığından, topraklar organik madde yönünden zengindir. Yağış miktarı fazla olduğundan toprağın üst horizonu önemli ölçüde yıkanmıştır [174, 175].

**Alüviyal Topraklar:** Havza içindeki akarsuların taşıyarak sahile yakın yerde depoladıkları materyal üzerinde oluşan, nadiren A-C horizonlarına sahip genç topraklardır. Mineral bileşimleri akarsu havzasının litolojik bileşimi ile jeolojik periyotlarda yer alan toprak gelişimi sırasındaki taşınma ve birikme dönemlerine bağlı olup, heterojen bir yapıya sahiptir. Alüviyal alanlarda, üst toprak alt toprağa belirsiz olarak geçiş yapar. İnce tekstürlü ve taban suyu yüksek alanlarda düşey yöndeki geçirgenlik oranı az, yüzeyi nemli ve organik maddece zengindir [175,176]. Kaba tekstürlüler iyi drene olduklarından yüzeyi çabuk kurumaktadır. Toprakların üzerindeki bitki örtüsü mevcut iklime bağlıdır. Buldukları iklime uyabilen her türlü kültür bitkilerinin yetiştirilmesine elverişli üretken topraklardır [173].

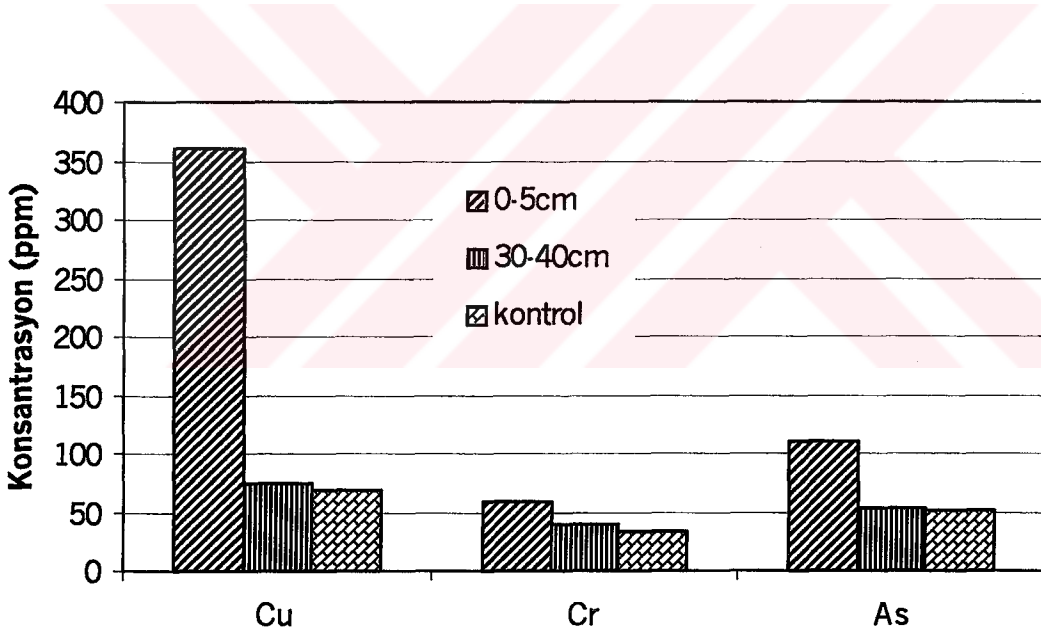
#### **4.2.1. Toprak Özelliklerinin CCA ile Emprenyeli Tel Direklerinden Yıkanan Bakır, Krom ve Arseniğin Yıkanmasına Etkisi**

Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon, Rize ve Artvin illerinde CCA ile emprenyeli tel direklerinin toprakla temas ettiği 0-5cm ve 30-40cm derinlik seviyelerinden ve kontrol amaçlı olarak tel direklerinden uzakta alınan toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik tayinleri X-RF cihazıyla her bir il için belirlenmiştir (Şekil 59-61).

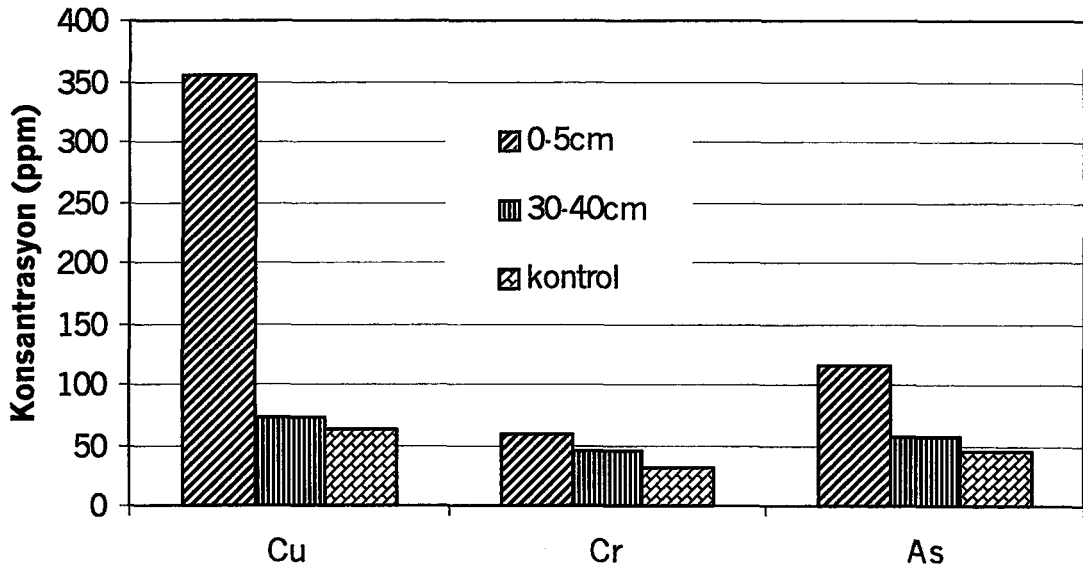
CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarları bütün iller için toprak yüzeyinden alınan örneklerde kontrol örneklerine oranla çok yüksek bulunmuştur.



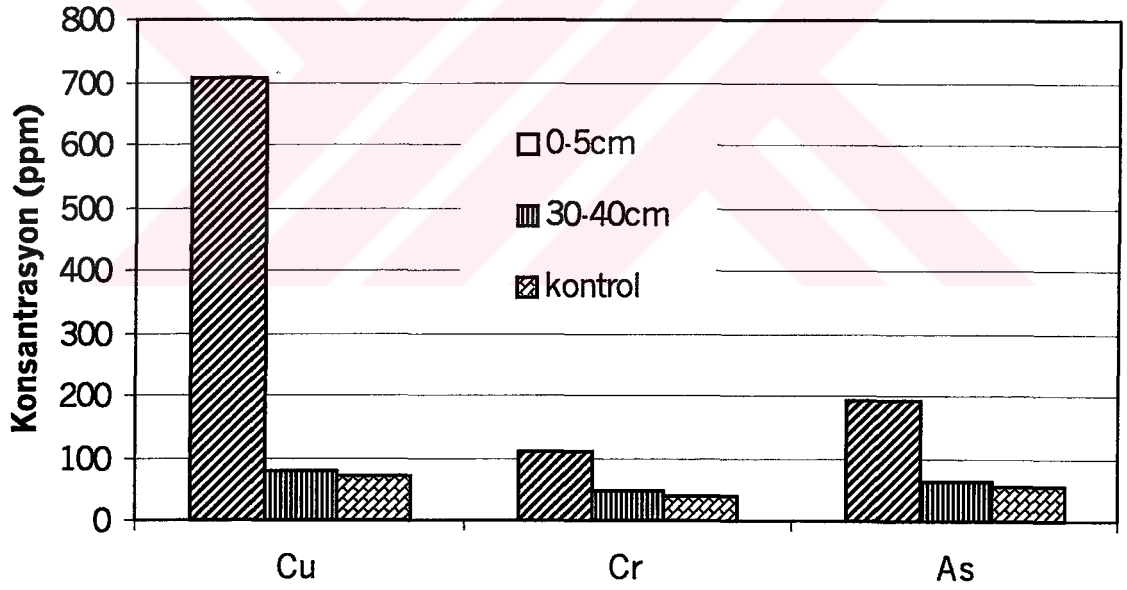
Şekil 58. Doğu Karadeniz Bölgesinin toprak grupları haritası



Şekil 59. Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları.



Şekil 60. Artvin ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları.



Şekil 61. Rize ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları

Bununla birlikte, 30-40cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları kontrol örneklerindeki yakını bulunmuştur. CCA ile emprenyeli tel direklerinden en fazla yıkanan ve toprak örneklerinde tespit edilen CCA bileşeni olarak bakır daha sonra arsenik ve en az konsantrasyona sahip CCA bileşeni olarak krom tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde tespit edilen bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en yüksek iken, Trabzon ve Artvin illerinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır krom ve arsenik miktarları birbirlerine çok yakın bulunmuştur. Rize ilinden alınan toprak örneklerindeki bakır, krom ve arsenik miktarlarının yüksek olmasının nedeni, veya bir başka ifadeyle CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır krom ve arsenik konsantrasyonlarının diğer illere oranla fazla olmasının nedeni, bu ilde toprağın pH değerinin düşük olması ve dolayısıyla bu durumun CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğin yıkanmasına sebep olması şeklinde açıklanabilir. Bunun yanında, Rize ilinin diğer iki ile oranla daha fazla yağış alması da bu metallerin yıkanmasında önemli rol oynamıştır. Rize ilinden alınan toprak örnekleri CCA ile emprenyeli tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden çok daha kısa olduğu çay tarımı yapılan yerlerden alınmıştır. Özellikle çay tarımı yapılan bölgelerdeki bilinçsiz gübreleme ve bu gübrelerdeki amonyum sülfat maddesinin, CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarlarını artırdığı düşünülmektedir. Amonyum sülfatın, bakır ile reaksiyona girerek suda daha kolay çözünen bakırlı bileşikler oluşturabileceği ve bunun tel direklerinden yıkanıp toprağa geçen bakır konsantrasyonunu önemli derecede artırabileceği ifade edilebilir. Rize ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenen yüksek bakır konsantrasyonu (710 ppm) bunu desteklemektedir. Diğer yandan, Rize ilinden alınan toprak örneklerinde yapılan mekanik analizler sonucunda kum oranının diğer illerden alınan örneklerdekine oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kum oranı yüksek oran topraklarla temas halindeki CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarlarının daha yüksek olduğu yapılan diğer çalışmalarda belirtilmiştir.

Toprak remidasyonu ve sorpsiyon/desorpsiyon alanında yapılan araştırmalarda kontaminasyon ve toprak ilişkileri her zaman ana ikilem konusu olmaktadır. Toprak partikülleriyle kuvvetlice etkileşen kirleticilerin katı halde uzaklaştırılmaları genellikle çok zor olmaktadır. Topraktan yıkanan organik veya inorganik kirleticilerin miktarı ve konsantrasyonu boş arazilerde, kimyasal madde üreten şirketlerde ve eski emprenye



tesisleri gibi yerlerde büyük önem arz etmekte ve buna dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu artan ilgi ve endişeler genellikle artan çevre baskısı ve yeni düzenlemelerden kaynaklanmaktadır. Toprakta akıp giden suyun kalitesi büyük oranda, toprak çeşidine, toprağın tekstürüne ve yapısına ve toprakta bulunan zehirli maddelerin konsantrasyonuna bağlıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde Çevre Koruma Kurumu 1990 yılında organik ve inorganik maddelerin zehirlilik karakteristiklerini belirlemek amacıyla yıkanma yöntemini resmen yürürlüğe koymuştur. Zehirlilik karakteristiği yıkanma yöntemi (TCLP) CCA emprenye maddesi olarak bilinen arsenik (As), bakır (Cu) ve krom (Cr) gibi ağır metallerin ve pentaklorofenol (PCP) ve çok halkalı hidrokarbonlar (PAH) gibi organik ve inorganik kirleticilerin yıkanma miktarlarını belirlemektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi toprakları tekstür, yapısal çeşit ve diğer karakteristik özellikler bakımından çok farklılıklar göstermektedir. Bu nedenlerden dolayı, bölgeden bölgeye kimyasal maddelerin yıkanma değerleri etkilenmektedir. Bu zamana kadar yapılan araştırmalara göre toprak çeşidinin organik ve inorganik emprenye maddelerinin yıkanmasını nasıl etkilediği konusunda çok az bilgi bulunmaktadır.

İnorganik arsenik kimyasallar orman ürünleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta ve CCA emprenye maddesinin ana bileşenlerinden birisini oluşturmaktadır [177]. Arsenik (As) normal olarak toprakta bulunmakta ve topraktaki konsantrasyonu 1-100 ppm (mg/kg) arasında değişmektedir. Ortalama arsenik miktarı bir çok toprak tipinde yukarıda belirtilen aralığın alt kısmındadır. Toprakta bulunan arsenik konsantrasyonunun artmasına endüstriyel olarak işletilen maden arıtım tesisleri ve çeşitli haşerelere karşı üretilen zehirli kimyasal maddelerin üretimi neden olmaktadır [178-180]. Topraktaki arsenik konsantrasyonunun artmasına neden olan yaygın endüstriyel kaynaklara örnek olarak, pamuğu kurutmak için kullanılan kimyasal maddelerin üretimi, odun koruyucu kimyasal maddeler ve bakır ve altın madeni arıtım tesisleri verilebilir. Arsenik normal koşullar altında birden fazla oksidasyon durumunda bulunabilir ve oksijenli topraklarda toprak bileşenlerine sıkı bir şekilde sülfür ve karbon olarak bağlanır [178,179]. Arsenik üç farklı değerlikte bulunabilir; arsenik ( $As^{+5}$ ), arsenit ( $As^{+3}$ ) ve arsenik asit ( $As^{+1}$ ) [181,182]. İnorganik asit durumunda sadece iki farklı değerlikte bulunur ( $As^{+5}$  ve  $As^{+3}$ ). Suda asidik ve nötr pH olduğu durumlarda,  $As^{+5}$  kolayca adsorbe olurken,  $As^{+3}$  zayıfça adsorbe olmaktadır. Redoks potansiyeli ve pH arseniğin çözünübilirliğini ve oksidasyon

seviyesini (hangi değerlikte olacağını) etkiler. Oksitleme şartları ne kadar yüksek olursa, arseniğin çözünebilirliği o derecede azalır ve ana ürün  $As^{+5}$  olur. İndirgeme sonucunda ( $pH = 7.5$ )  $As^{+3}$  ana üründür ve arseniğin sudaki çözünlüğü artmaktadır. Arsenik topraktaki demir minerallerine güçlü bir şekilde adsorbe olur [182]. Arsenik buharlaşmayan kokusuz ve renksiz bir toz halindedir. Arsenik kansorejen bir madde olduğu kabul edilmekte ve EPA arseniğin endüstriyel kullanımını sınırlandırmaktadır. İçme suyunda en fazla bulunması gereken arsenik konsantrasyonu EPA tarafından 0.05 ppm olarak bildirilmiştir [181].

Bakır (Cu) kirlenmesi endüstriyel tesislerin atıklarının toplanmasından meydana gelmektedir. Element olarak bakır kayalarda, toprakta ve tortularda bulunmaktadır. Bakır kırmızımsı renktedir ve bakırın ortamdaki mevcudiyeti toprağın profiline bağlıdır. Düşük konsantrasyon seviyesinde bakır, birçok organizma için hayatlarını devam ettirebilmeleri bakımından çok gerekli bir elementtir. PH'sı 5.5 olan topraklarda bakır emici iyonlar olarak bulunur ve kompleksleşir. Diğer topraklarda ise daha düşük hızda emici durumunda bulunur (178). Bakır bileşikleri yaygın olarak tarımsal ilaçlarda, odun koruma maddelerinde yer almaktadır. EPA tarafından içme suyunda bulunması gereken en fazla bakır konsantrasyonunun 1.3 ppm olması gerektiği bildirilmiştir [183].

Krom CCA'da kullanılan üçüncü elementtir. Krom çelik gri metalik bir elementtir ve doğal olarak kayalarda, toprakta, volkanik toz ve gazlarda bulunur. CCA çözeltisi +6 değerlikli krom ( $Cr^{+6}$ ) içermektedir, ancak, fiksasyon sonucunda bu +3 değerlikli kroma ( $Cr^{+3}$ ) indirgenmektedir. Toprakta bulunan +6 değerlikteki krom ( $Cr^{+6}$ ) kolayca ekstrakte edilir. +3 değerlikteki krom pH bağımlıdır ve  $pH=6$  da dominant form oluşturur. Bu durumda toprağa adsorbe olur ve ekstraksiyonu oldukça güçtür [178,184,185,186]. Topraktaki  $pH=4$  olduğu durumlarda, +3 değerlikteki krom ( $Cr^{+3}$ ) organik madde de mevcuttur ve çözünebilirliği azalır, fakat  $pH 5.5$ 'a ulaştığında tamamen çökelme meydana gelir. Krom konsantrasyonu arttığında  $pH 9$ 'a ulaştığı zaman, +3 değerlikteki kromun ( $Cr^{+3}$ ) oksidasyonu, +6 değerlikteki kromun ( $Cr^{+6}$ ) meydana gelmesine neden olur. Normal doğal koşullar altında, +3 değerlikteki krom ( $Cr^{+3}$ ) topraktaki dominant türdür. +6 değerlikteki krom ( $Cr^{+6}$ ) toprak organik maddenin varlığında güçlü bir oksidanttır ve +3 değerlikteki kroma ( $Cr^{+3}$ ) indirgenir (178,185). EPA tarafından içme suyunda bulunmasına izin verilen en fazla krom konsantrasyonunun 100 ppm olması gerektiği bildirilmiştir [185].

Diğer bir çalışmada, ABD Louisiana'da askeri amaçlı bir fabrika alanından alınan toprak örneklerinde TCLP metodu kullanılarak yapılan çalışmada, kromun oksidasyon seviyesinin kromun yıkanabilirliğini etkilediği tespit edilmiştir [186]. Hale TCLP yöntemiyle yapılan çalışmaların, kirlenmiş toprak örneklerindeki potansiyel yıkanan metal miktarını gerçek değerinden daha fazla bulunmasına neden olduğunu rapor etmiştir [187]. Organik materyaller metal iyonları ile sıkı bağ oluşturma kabiliyetine sahiptirler ve aynı killi topraklar ile topraktaki düzensiz demir bileşenlerinin oluşturduğu gibi, organometalik kompleks yapılar oluşturarak metalleri tutma eğilimi gösterirler [187]. TCLP genellikle bu bağları kopmasına neden olur ve bu metaller kolaylıkla yıkanır. Sheppard ve arkadaşları tarafından TCLP yöntemi kullanılmadan yapılan bir çalışmada, kromun toprakta hızlıca yayıldığını tespit etmişlerdir. Çalışmanın ilk yılı içerisinde yağışlar sonucunda, kontamine olmuş endüstriyel bir alandan alınan toprak örneklerinde krom konsantrasyonu azalmıştır. Herhangi bir işlem uygulanmamış atık suya maruz kalan tortu üzerinde yapılan testlerde yıkanan bakır ve kromun kolayca atık suyun etkisiyle toprak profilinin aşağılarına doğru hareket ettiğini göstermiştir. Toprağın pH'sı da metallerin topraktan yıkanmasında önemli rol oynayabilir. Toprağın pH'sı azaldıkça sorpsiyon kapasitesi artmaktadır [188].

Chirenje ve arkadaşları yaptıkları diğer bir çalışmada, toprak özelliklerinin CCA ile empenyeli tel direkleri ve çit direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarları üzerine etkisini araştırmışlardır. Tel direklerinin toprakla temas eden 0-5 cm ve 0-100 cm arasındaki her bir 20 cm derinlik seviyelerinden toprak örnekleri alınmış ve toprak örneklerindeki bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre en yüksek bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları toprak yüzeyinden 0-5cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir. Bakır konsantrasyonu 523 ppm, krom konsantrasyonu 88 ppm ve arsenik konsantrasyonu 153 ppm olarak belirlenmiştir [189].

Farklı toprak özelliklerinin CCA ile empenyeli çam (*Pinus resinosa*) ve jack çamı (*Pinus banksiana*) tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları üzerine yapılan çalışmada, en fazla metal konsantrasyonları tel direklerinin toprakla temas eden ve hemen yüzeyden alınan örneklerinde tespit edilmiştir. Genel olarak, en çok bakır tespit edilirken, bakırı arsenik ve krom takip etmektedir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarlarının CCA ile empenye edilmiş jack çamı (*Pinus*

*banksiana*) direklerinde, çam (*Pinus resinosa*) tel direklerinden yıkanan miktarlara oranla çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kumlu topraklarda yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarları, killi topraklardaki tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarlarına oranla önemli ölçüde yüksek tespit edilmiş ve bu oran yaklaşık olarak 2 kat civarında gerçekleşmiştir [190].

Erdin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, Adana Toktaş Emprenye fabrikası civarındaki toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarını belirlemişler ve ayrıca toprak özelliklerinin bakır, krom ve arsenik konsantrasyonuna etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışma kapsamında 4 farklı derinlik (0-5, 10-20, 30-40 ve 50-60cm) seviyelerinden alınan toprak örneklerindeki bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi cihazıyla tayin edilmiştir. En yüksek bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları toprak yüzeyinden alınan örneklerde tespit edilmiştir. Emprenye silindirinin civarından alınan toprak (0-5cm) örneklerinde 1945 ppm Cu, 2400 ppm Cr, 513 ppm As, 10-20cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde 31 ppm Cu 93.6 ppm Cr, 12 ppm As tespit edilirken emprenye edilmiş tel direklerinin depolandığı alandan alınan toprak (0-5cm ) örneklerinde 154 ppm Cu, 333 ppm Cr tespit edilirken, bu alanda 10-20cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde 15 ppm Cu, 44 ppm Cr and 2 ppm As belirlenmiştir [191].

### 4.3. Doğu Karadeniz Bölgesinde Tel Direklerinde Tespit Edilen Çürüklük Tipleri

Odon endüstrisinde yeni ürünler geliştirilmesinde; odunu tahrip eden temel mantarların rolleri, mantarların teşhisi ve ne kadar sıklıkla arız olduklarına dair bilgilerin elde edilmesi çok önemlidir. Bu bilgiler ışığında kullanılacak ürünün tasarımını ve tahrip edici organizmalara karşı mücadele yapmak mümkün olmaktadır. Laboratuvar şartlarında yapılan çürüklük testleri mantarların odun özelliklerine etkisini belirlemeye ve ağırlık kaybı bazında ne kadar zarar meydana getireceği hakkında tahmin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, dış ortamdaki koşullarda kullanılan malzemelerin tahrip edilmesi laboratuvar koşullarındakinden daha farklı gerçekleşmekte ve birçok faktör aynı anda odunun tahribinde rol alabilmektedir. Bu nedenle, kullanımdaki ağaç malzemelerde mantarların izole ve teşhis edilmesi çürüklüğün başlangıç aşamasında belirlenmesi açısından önemli olmaktadır. Bu bilgiler, bazı kullanım yerleri için tasarlanan ağaç malzemelerin tahrip edici faktörlere karşı korunması konusunda faydalı önlem yaklaşımlarına imkan sağlayabilir. Örneğin yapılan bir çalışmada, Amerika Birleşik Devletlerinin Doğu Bölgelerinde kreozot ve penta-kloro-fenol (PCP) ile emprenye edilmiş kullanımdaki 246 adet güney çamı tel direklerinden yaklaşık olarak 1320 mantar izole edilmiştir. İzole edilen mantarların Basidiomycetes, yumuşak çürüklük ve mikro mantar gruplarından olduğu belirlenmiştir. Basidiomycetes sınıfından teşhis edilen mantarların büyük bir bölümü beyaz çürüklük yapan mantarlar olarak tespit edilmiş ve bu çalışma kapsamında örnek alınan 246 direkten 180'inde beyaz çürüklüğe neden olan mantarlar teşhis edilmiştir. Ayrıca, 131 adet direkte izole edilen 211 yumuşak çürüklük mantarının %85'ni 5 tür oluşturmuştur. Yumuşak çürüklük mantarları genellikle tel direklerinin toprakla temasta oldukları dış kısımlarından izole ve teşhis edilmiştir. Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere, yumuşak çürüklük ve beyaz çürüklük mantarları mikro mantarlara göre emprenyeli tel direklerinde çok daha önemli zararlılar olarak tespit edilmiştir [192].

Bilindiği kadarıyla, ülkemizde tel direklerine arız olan mantar türlerinin izole ve teşhisi konusunda herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımdaki emprenyeli tel direklerinin beklenen süreden çok daha önce tahribata uğraması ve atıl hale gelmesi nedeniyle, bu bölgede kullanımdaki ve kullanılacak tel direklerinin mantarlara karşı daha iyi korunmalarını sağlayıcı koruma önlemlerinin

belirlenmesinde ve geliştirilmesinde halen kullanımda bulunan tel direklerindeki çürüklük tipleri ve CCA ile emprenyeli tel direklerine arız olan mantar türlerinin teşhis edilmesi önemli bir aşama olacaktır. Bu amaçla, çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde gerek kullanımda olan gerekse atıl halde TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerindeki tahribatlar ve mantar türleri tespit edilmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde CCA ile emprenyeli tel direklerinde en çok rastlanan çürüklük tipi esmer çürüklük ve yumuşak çürüklük olarak belirlenmiştir. Bunun yanında *Pleurotus ostreatus* ve *Trametes versicolor* gibi beyaz çürüklük mantarları da tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda kullanımda bulunan tel direklerinde böcek tahribatının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. Böcek tahribatı genellikle direklerin emprenye işlemine hazırlanması sırasında dış kabuk ve kambiyum tabakasının uzaklaştırma işleminin tam olarak yapılmadığı direklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mantar tahribatına uğramış tel direklerinde, böcek tahribatının yoğun olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, depolarda atıl haldeki bekletilen tel direklerinde böcek tahribatının aşırı seviyede olduğu gözlenmiştir.

Kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde belirlenen kusurlardan birisi de derin çatlak ve yarıklardır. Bu çalışma kapsamında incelenen tel direklerinin %60-70'inde derin çatlaklar tespit edilmiştir. Özellikle, toprak zonuna yakın kısımlardaki çatlaklar, tel direklerinin çürümeye en hassas olan bu kısımlarına mantar misellerinin girmesini kolaylaştırmakta ve tel direklerinin çürümelerine neden olarak beklenen kullanım süresinden daha kısa sürede atıl hale gelmelerine yol açmaktadır. Tel direklerinin emprenyesi sırasında uygulanan basıncın hızla yükseltilmesi tel direklerinde çatlaklara neden olmaktadır. Diğer neden ise, emprenye işleminden sonra depolama sırasında yüksek rutubete sahip tel direklerinin aşırı rutubet kaybetmesi çatlakların oluşmasına sebep vermektedir. Ayrıca, tel direklerinin kullanım yerlerinde aşırı yağış ve güneşe maruz kalmalarının bu çatlakları oluşturduğu da düşünülmektedir. Bu çatlakların yanında, tel direklerinde insanlar tarafından (kesilme, yakılma vb.) meydana getirilen hasarların da tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden daha kısa olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanıma hazır CCA ile emprenyeli tel direklerinde yapılan incelemelerde, tel direklerindeki elektrik aksamalarının takılması için gerekli olan deliklerin açılmadığı tespit edilmiştir. Bu deliklerin emprenye

işleminde sonra açılması nedeniyle, emprenyesiz kısımlar açığa çıkmaktadır. Bu açılan delikler mantar misellerinin ve böcek zararlılarının kolayca direklerin emprenyesiz iç kısımlarına ulaşmasına ve böylece tel direklerinin kolayca tahrip edilmesine imkan vermektedir.

Gerek kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinden artım burgusuyla alınan örneklerden gerekse TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanılmamış ve atıl haldeki tel direklerinden alınan örneklerde emprenye maddesinin nüfuz derinliği çam tel direklerinde 1-8 cm arasında değişirken, ladin ve göknar tel direklerinde 0.3-2 cm arasında olduğu tespit edilmiştir.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından alınan tel direklerinde kullanılacak emprenye maddeleri; tercihen taş kömürü katranının yüksek sıcaklıkta damıtılmasından elde edilen ve İngiliz BS 144/1993 no'lu standartta belirtilen özelliklere uygun saf kreozot veya TS-788 de adları geçen ve bileşimlerinde Bakır/Krom/Bor (CCB) veya Bakır/Krom/Arsenik (CCA) gibi suda çözünen tuzlarla veya en az bunlar evsafında veya daha üstün ve istenilen yoğunlukta eriyik elde edebilmek üzere suda eriyebilen karışık preparatlardan, ya da ağaç tel direği emprenyesinde uygulanan ve usulüne göre tatbik edilebilecek tatbikatından müspet sonuç alındığı kanıtlanmış emprenye maddelerinden birisi olması şart koşulmaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda TEDAŞ kreozot ile emprenyeli tel direklerden çok, suda çözünen tuzlarla emprenyeli tel direkleri satın almaktadır [193].

Bakır/Krom/Bor (CCB) tuzlarından oluşan preparatlarda çözelti konsantrasyonunun çam direkler için %4, Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzlarından oluşan preparatlarda bu miktarlar çam cinsi direkler için %3 olması istenmektedir. Buna göre kullanılacak ortalama net kuru tuz miktarı (retensiyon), Bakır/Krom/Bor (CCB) tuzları için çam direklerde 14 kg/m<sup>3</sup>, Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzları için çam direklerde 10.5 kg/m<sup>3</sup> olarak şart koşulmaktadır. Emprenye işlemi tamamlanmış bir şarjdaki direklerden 10 adedinden artım burgusu ile alınan numunelerde emprenye maddesinin yetersiz görülmesi halinde ve direk sayısı bir adetten fazla çıktığında şarjin tamamının, bir adet çıktığında ise yalnızca bu direğin ikinci defa emprenye edilmesi şart konulmaktadır [193].

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından alınan emprenyeli tel direklerinin kontrol işlemleri teknik şartnamede belirtildiği üzere [193];

- Alıcı, temsilcisi veya elemanları vasıtasıyla malzemeleri imalattan teslim yerine kadar her türlü muayene ve kontrol etme hakkını saklı tutar.

- Kontrol görevlilerinin seyahat ve şahsi masrafları ve ücreti dışında muayene ve test masrafları tüm olarak satıcı tarafından karşılanacaktır.
- Aksine bir yazılı hüküm bulunmadıkça bütün muayene ve kontroller sevkiyattan önce, alıcının tam yetkili temsilcisi huzurunda yürütülecektir.
- Satıcı, testlerin yapılacağı tarihten bir ay önce test tarihini alıcıya bildirecektir. Alıcı bildirim tarihinden sonraki bir ay içinde muayene mahallinde temsilcisini bulundurmak zorundadır.
- Alıcı, satıcıya zamanında haberdar etmek suretiyle muayenede temsilci bulundurmaktan vazgeçebilir. Bu durumda bütün kontroller imalatçı tarafından yapılır ve hazırlanıp imzalanmış test raporları incelenmek ve onaylanmak üzere 3 kopya olarak alıcıya gönderilir. Test raporlarının onaylanması durumunda sevk emri ve 1 kopya onaylı test raporu satıcıya geri gönderilir.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından alınan tel direklerinde yukarıda belirtilen şartlar istenmesine rağmen bu çalışma kapsamında yapılan incelemelerden sonra kontrol işlemlerinin yeterli olmadığı belirlenmiştir. Her ne kadar TEDAŞ tarafından şart konulan minimum retensiyon miktarı ( $10.5 \text{ kg/m}^3$ ) diğer uluslar arası AWWA, ASTM gibi standartlarda da tel direkleri için şart konulan minimum retensiyon ( $9.6 \text{ kg/m}^3$ ) miktarından daha yüksek olsa da, direklerdeki minimum gerçek bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmemekte, sadece kaba retensiyon miktarının şart koşulması yeterli olmamaktadır. Bilindiği üzere retensiyon miktarı;

$$\text{Retensiyon (kg/m}^3\text{)} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \text{ formülüyle hesaplanmaktadır.}$$

Burada G: emprenye sonrası ve öncesindeki tel direklerinin ağırlık farkı (gr).

C: 100 gr çözeltideki emprenye konsantrasyonu.

V: tel direğin hacmi ( $\text{cm}^3$ )

Formülde de görüldüğü üzere satıcı firmanın 100 gr çözeltideki konsantrasyon miktarını değiştirerek şart koşulan minimum retensiyon miktarını kolayca sağlaması mümkündür ve böylelikle bu firmalar emprenye ettikleri direklerin TEDAŞ tarafından hazırlanan teknik şartnamedeki minimum retensiyon miktarına sahip olduğunu ifade edebilmektedirler. Bu nedenle, TEDAŞ tarafından alınan tel direklerinin kontrollerinde



XRF veya Atomik Absorpsiyon spektrometri cihazıyla gerçek bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmeli ve bu hüküm şartnameye ilave edilmelidir.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından CCB emprenye maddesiyle emprenye edilmiş tel direkleri de satın alınmaktadır. Özellikle bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesindeki tel direklerinde belirlenen *Antrodia ve Poria* türü bakıra karşı toleranslı mantar türleri CCA ile emprenyeli tel direklerinde izole ve teşhis edilmiştir. CCA'nın formülasyonunda arsenik içermesinin nedeni; arseniğin böceklerin ve bakıra karşı toleranslı mantarların tahribatını önlemektir. Gerek bu çalışma kapsamında, gerekse diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda CCA ile emprenyeli tel direklerinde bile, arsenik içermesine rağmen, bakıra toleranslı mantarların izole edildiği belirtilmiştir. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinin iklim özellikleri, toprak özellikleri ve dolayısıyla tel direklerinin çürüklük riskinin yüksek olması nedeniyle, TEDAŞ tarafından CCB ile emprenyeli tel direklerinin satın alınmaması veya en azından alınan CCB ile emprenyeli tel direklerinin ağaç malzemelerin çürüklük riski yüksek olan Doğu Karadeniz Bölgesi gibi yerlerde kullanılmaması gerekmektedir. Ancak, Doğu Karadeniz bölgesinde yapılan incelemelerde, direkler üzerindeki etiketlerden yola çıkarak CCB ile emprenyeli tel direklerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Bilindiği gibi CCB ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve borun yıkanması, CCA ile emprenyeli olan ağaç malzemelere oranla daha fazla olmaktadır (194). Mazela yaptığı çalışmada CCB (Bakır-krom-bor) ve CB (bakır-bor) emprenyeli odun örneklerini EN-113 çürüklük testi metoduna göre 16 hafta süreyle *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakmış ve aşırı yıkanmaya maruz kalan toprakla temas halindeki örneklerin minimum retensiyon miktarının  $20 \text{ kg/m}^3$  olması gerektiğini tespit etmiştir (195). Oysa ki minimum retensiyon miktarının TEDAŞ tarafından hazırlanan şartnamede CCA emprenye maddesi için  $10.5 \text{ kg/m}^3$ , CCB emprenye maddesi için  $14 \text{ kg/m}^3$  olması gerektiği bildirilmektedir [193]. Ayrıca, borun yıkanmaya karşı çok hassas olması, dolayısıyla özellikle toprakla temasta olan ve çürüklük riskinin yüksek olduğu bölgelerde tel direklerinden yıkanıp gitmesi, özellikle bakıra toleranslı mantarların tahribatına kolayca zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinde CCB ile emprenyeli tel direklerinin kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bakır çok düşük konsantrasyonlarda ( $1-10 \mu\text{M}$ ) birçok canlı organizmalar için önemli bir mikro-besin kaynağıdır ve redoks, elektron alış veriş ve önemli reaksiyonlarla ilgili protein ve birçok metal-enzimlerin ana ögesi (196). Bakırın redoks reaksiyonlarındaki

rolü bulunduğu ortamdaki kimyasallara bağımlı olarak  $\text{Cu}^{+1}$  den  $\text{Cu}^{+2}$ 'ye dönüşebilme yeteneğine bağlıdır. Buna zıt olarak, bakırın serbest iyonik haldeki yapısı ( $\text{Cu}^{+2}$ ) yüksek konsantrasyonlarda mikroorganizmaların hücrelerine karşı çok zehirlidir. Bakırın zehirliliği; temel olarak nükleik asitlerin bakırla reaksiyona girip enzimlerin aktif bölgelerinin değişime uğramasında, hücre zarı bileşenlerinin oksitlenmesinde ve işlem sırasında bakırın serbest hidroksil radikalleri oluşturması yeteneğinden kaynaklanmaktadır [197-199]. Organik bakır kompleksleri nispeten mikroorganizmalara karşı zehirsizdir [199].

Bakır içeren CCA, AZCA gibi emprenye maddeleri mantar ve böceklerle karşı etkili olmalarından dolayı uzun yıllardır kullanılmaktadır. Bakırın mantarlara karşı etkinliği genellikle proteinlerin bakır tarafından çökeltilmesi ve hayati önemdeki enzimatik reaksiyonları engellenmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir [200]. Bununla birlikte, bakır iyonlarının kolayca reaksiyona girmeleri ve hücrede reaksiyona girecek bölgelerin çok fazla sayıda olması nedeniyle, bakırın zehirliliği mantarın hücre metabolizmasıyla sınırlı değildir.

Yukarıda belirtilen bakır içeren emprenye maddeleri uzun yıllardır çok yaygın kullanılmasına rağmen, bazı esmer ve yumuşak çürüklük mantarları kullanımda olan emprenyeli malzemelerden defalarca izole ve teşhis edilmiştir [201-203]. Bakıra karşı tolerans, genellikle esmer çürüklük mantarlarıyla ilişkilendirilmektedir [204]. Esmer çürüklük mantarlarının en önemli ayırt edici biyokimyasal özelliklerinden birisi de bunların büyük bir bölümünün oksalik asit üretmesidir. Esmer çürüklük mantarları tarafından üretilen oksalatlar birkaç araştırmacı tarafından tespit edilmiştir [205-207]. Bununla birlikte, oksalik asidin mantar metabolizmasındaki rolü tam olarak henüz açıklanamamaktadır. Schmidt ve arkadaşları, enzimatik olmayan çürüklüklerde oksalik asidin rolünü açıklamışlardır. Oksalik asit özetle demirin doğrudan indirgenmesiyle katalik bir rol oynadığını, bunun da selülozun depolimerizasyonu ile açıklanan Fenton ( $\text{Fe}^{++} + \text{H}_2\text{O}_2$ ) hipotezine dayandırılmaktadır [208]. Bununla birlikte, Hyde ve Wood oksalatın demir iyonunu indirgemediği ve sadece bunun ışığa bağımlı bir reaksiyon olduğunu bildirmişlerdir. Bundan dolayı, oksalatın odunda doğrudan Fenton tipi bir kimyasal reaksiyon katalizörü olarak fonksiyon gösteremeyeceğini ifade etmişlerdir [209]. Bech-Anderson, ligninin ve selülozun nispeten asitlere karşı direnç göstermesi, bunun yanında hemiselülozlar asidik koşullarda oldukça kolay hidroliz olmasından dolayı, esmer çürüklük mantarları tarafından üretilen oksalik asidin odundaki hemiselülozları hidrolize uğratan ve

odun çürüklüğüne neden olan enzimlerin selüloza ve sudan çözünen şekerlere daha kolayca ulaşmasına neden olan bir araçtır ve bunun sonucunda da odunda sadece ligninin kalmasına neden olduğunu belirtmiştir [206]. Green ve arkadaşları, ile Shimada ve arkadaşları da benzer şekilde, oksalik asidin güçlü asit olmasında dolayı, oksalik asidin bazı hücre çeperi bileşenlerinin hidrolize olmasına neden olduğunu ve oksalik asitle modifiye edilmiş odunun modifiye olmamış olan oduna nazaran enzimlere karşı dirençlerinin daha az olduğunu bildirmişlerdir [210,211].

Odunu tahrip eden Basidiomycetes mantarları tarafından üretilen oksalik asit oksalat tuzları yapısındadır ve en yaygın olanı da kalsiyum oksalat dihidrattır. Bununla birlikte, kalsiyum oksalat çökmesinin fonksiyonel önemi henüz tam olarak açıklanamamaktadır. Bech-Anderson, kalsiyum oksalat üretiminin nedenini mantar tarafından üretilen oksalik asidi nötr hale gelmesini sağlamak olduğunu açıklamaktadır ve böylece mantar kendisine herhangi bir zarar vermeden oksalik asit üretimine devam etmesi sağlamaktadır [206]. Kalsiyum çoğunlukla odunda en fazla bulunan metaldir. Kalsiyum hücre içerisinde çok sıkı şekilde kontrol altında tutulur ve dışardan ilave edilen kalsiyum konsantrasyonları modifikasyona uğratarak kalsiyum oksalata dönüştürülür [212].

Esmer çürüklük mantarlarının yanında *Coriolus versicolor*, *Heterobasidion annosum*, *Pleurotus florida* and *Phanerochaete chrysosporium* gibi bazı beyaz çürüklük mantarlarının da sıvı besin ortamında oksalat ürettikleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mantarların aktif büyüme sürecindeki oksalat birikiminin çok az olduğu bildirilmiştir [213]. Buna ilaveten, oksalat birikimin esmer çürüklük mantarları tarafından üretilen oksalatların aksine besin ortamının pH'sını düşürmediği rapor edilmiştir [213].

Uzun yıllardır bakıra karşı dirençli olan mantarların mekanizmasını aydınlatmak üzere birçok çalışma yürütülmesine rağmen, bakır ve odunu tahrip eden bakıra karşı dirençli mantarlar arasındaki ilişki ve mekanizma henüz tam olarak açıklanamamıştır. *Postia* türü bakıra dirençli mantarlar üzerine birkaç araştırmacı çeşitli çalışmalar yürütmüşlerdir [203,205,214]. Levi, *P. incrassata* (Berk. & Curtis) Burt. and *P. vaporatii* mantarlarının bakıra karşı direnç mekanizmasını, bu mantarların suda çözünebilir bakır sülfatı suda çözünmeyen ve mantarlara karşı daha az zehirli olan bakır oksalatlara dönüştürmeleri şeklinde açıklamıştır [203]. Levi [203] ve Chou [214], *P. placenta* Murr. mantarı için benzer mekanizmayı tespit ederlerken, *P. vaillantii* mantarı için bu mekanizmanın olmadığını bildirmişlerdir. Levi, *P. vaillantii* mantarının hüflerinin civarında mikro kristal

yapılar tespit etmiştir ve bunun bakır sülfat olduğu düşünülmektedir [203]. Buna ilaveten, Levi, sıvı besin ortamının pH'sının düşmesiyle mantarın bakır sülfata karşı direncinin arttığını ve verilen bakır sülfat konsantrasyonunda mantarın büyüme hızının arttığını görsel olarak gözlemlemiştir [203]. Chou da benzer sonuçları tespit etmiş ve *P. vaillantii* mantarının sitoplazmasında dağılmış olarak sülfür, fosfor ve bakır granüllerini (taneciklerini) bulmuştur [214]. Bununla birlikte, mantar, odun örneklerinde büyüdüğünde bakır oksalat ve bakır sülfat kristalleri veya tanecikleri tespit edilememiştir. Levi, bakır oksalatın odunu tahrip eden ; *P. monticola*, *P. vaporaria*, *Coniophora cerebella* ve *Lenzites trabea* mantarlarına karşı zehirliğini test etmiş ve bütün mantarlar için bakır oksalatın bakır sülfata oranla daha az zehirli olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, bakır oksalat da bu çalışma kapsamında kullanılan mantarların büyümesini yavaşlatmış ve engellemiştir [203].

Bir başka çalışmada, Sutter ve arkadaşları, *P. placenta* (Fr.) ve *P. vaillantii* (Pers.) Fr mantarlarının bakıra karşı direnç mekanizmasını çam diri odunundan alınan teğet ince olarak kesilmiş örnekler bakır sülfat pentahidrat veya bakır naftenat ile empenye ederek araştırmışlardır [205]. Her iki mantarın da bakırı bakır oksalata çökelterek bakırı çözünürlüğü daha az olan bakır komplekslerine dönüştürdükleri bildirilmiştir. Ayrıca tespit edilen bakır oksalat kristallerinin lümenler içerisinde depolandığı ve odunun yüzeyine taşındığı tespit edilmiştir. Birçok araştırmacının bakır oksalat kristallerinin çözünürlüğünün düşük olduğunu bildirmesiyle birlikte, Morrell yaptığı çalışmada, tespit edilen kristallerin de yıkanmaya karşı hassas olduğunu ve bunun da bakırın büyük oranda yıkanmasına neden olabileceğini bildirmiştir [215].

Sutter ve Jones, *Postia* (*P. placenta* ve *P. vaillantii*) ve *Phialophora* (*Ph. malorum* ve *Ph. mutabilis*) türü mantarların bakıra karşı tolerans mekanizmalarını araştırmışlar ve her tür için farklı bir mekanizmanın olduğunu bildirmişlerdir [205]. *Postia* türü mantarlarda da bakıra karşı direnç mekanizması, daha önceki araştırmacıların da belirttiği gibi, bakırın oksalata çökmesi şeklinde gerçekleşirken, bakıra toleranslı olan *Phialophora* türü mantarlar bakır içeren besin ortamında oldukça zayıf bir gelişim göstermişlerdir, ancak bunların hayatlarını uzun süre devam ettirebildikleri bildirilmiştir [205].

Daniel ve Nilson, *Phialophora* türü mantarların bakır, arsenik veya bakır-krom-arsenik (CCA) ilavesiyle hazırlanan besin ortamında farklı büyüme hızı ve kapasitesi gösterdiğini gözlemlemiştirler [216]. Ayrıca, Boliden K33 empenye maddesiyle empenye edilen kayın örneklerinde *Phialophora* türü mantarlarının 7.5 ay sonunda K33'ü çok iyi

bozundurma kapasitesine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Ancak, çam odunu örneklerinde mantar miselleri tarafından tamamen sarılmasına rağmen, *Phialophora* türü mantarların odunda herhangi bir tahribat söz konusu olmamıştır [216].

Duncan, toluen esaslı çözücüler kullanarak bakır naftenatla emprenye edilen örnekler bazı esmer çürüklük mantarlarına maruz bırakılması durumunda yüksek bakır konsantrasyonlarında (0.085-0.175 pcf) emprenye edilen örneklerde yüksek oranda ağırlık kayıpları tespit etmiştir. Bakır bileşikleri petrol ürünleri kullanılarak çözüldürüldüğünde yıkanmaya karşı daha fazla hassas olduğunu bildirmiştir [217]. Williams ve Fox, bazı bakır esaslı emprenye maddelerinin bakıra karşı dirençli olan bazı esmer çürüklük mantarlarına karşı performanslarını araştırmışlardır. Özellikle amonyak esaslı bakır içeren emprenye maddelerinin kullanıldığında amonyak nedeniyle mantarlar için oluşan avantajlı durumun daha yüksek bakır konsantrasyonu ilavesiyle giderilmesi gerektiğini bildirmişlerdir [218].

Son yıllarda arsenik içeren emprenye maddelerinin çevreye karşı zararlarından dolayı artan kaygı ve baskılar nedeniyle arsenik içermeyen bakır esaslı emprenye maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Green III ve Clausen, bakır sitrat (CC bakır-krom) emprenye maddesiyle sarı çam örneklerini emprenye ederek 15 esmer çürüklük mantarına maruz bırakmış ve mantarların oksalik asit üretimini belirlemişlerdir [219]. Bu çalışmada, 10. haftanın sonunda odun örneklerinde % 20-55 arasında ağırlık kaybı tespit edilmiştir. Kullanılan 15 mantarın 10 tanesinin bakıra toleranslı olduğu ve 2 tanesinin de bakıra karşı hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ilk iki haftada mantarlar tarafından üretilen oksalik asitin o mantarın bakıra karşı toleransının bir göstergesi olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılan mantarlardan *Antrodia vaillantii* mantarının bakıra karşı en fazla dirençli tür olduğu, bakıra karşı en hassas mantarın ise *Tyromyces palustris* olduğu bildirilmiştir. Bu araştırmanın sonucunda ortaya çıkan en önemli nokta ise ağaç malzemenin çürüklük riskinin yüksek olduğu ve toprakla temas halindeki ağaç malzemelerin CC ile emprenye edilerek kullanılması durumunda, bu maddelerin bakıra toleranslı mantarlara karşı hassas olması nedeniyle daha yüksek konsantrasyonla emprenye edilmesi gerekliliği veya arseniğin yerine başka bir kimyasal maddenin ilavesi gerekliliğini ortaya koymasındır [220].

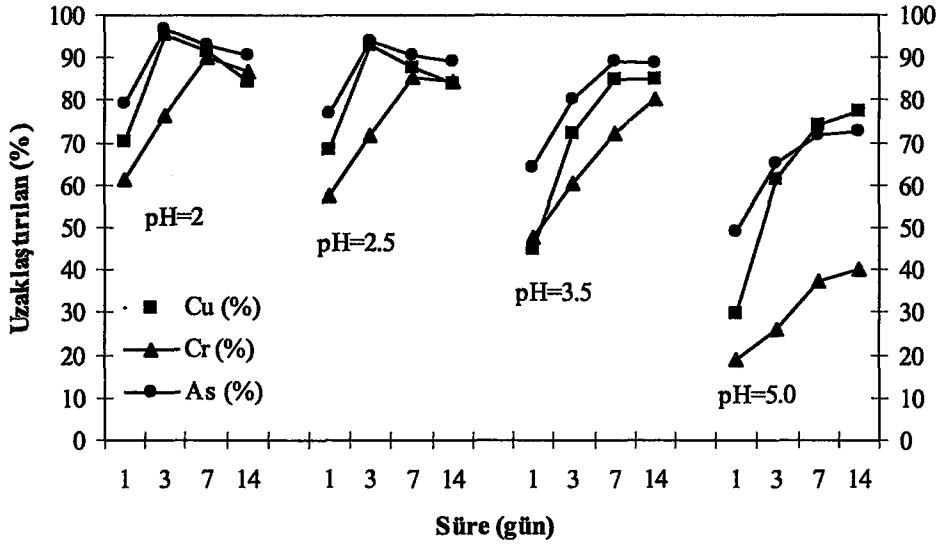
Bakıra toleranslı mantarlar tarafından odunda bakır oksalat kristallerinin çökmesi ve esmer çürüklük mantarları tarafından oksalik asitin üretilmesi bakıra karşı mantarların tolerans mekanizmasında oksalik asitin rolü olduğu daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Son yıllarda bakır esaslı odun koruyucu maddelerin kullanımının artması nedeniyle, bakıra toleranslı mantarların mekanizmasında oksalik asitin rolünü ortaya koymak önemlidir. Clausen ve Green III tarafından yapılan çalışmada, bakıra karşı toleranslı 4 esmer çürüklük mantarların (*Poria placenta*, *M. incrassata*, *W. cocos* ve *A. vaillantii*) ACQ-B, ACQ-D, CC (bakır-krom (bakır-sitrat)), CCA ve organik çözücülerde çözünen bakır esaslı (oksin bakır) emprenye maddeleri ile emprenyeli sarıçam örneklerindeki çürüklük kapasiteleri ve bu mantarlara maruz bırakılan emprenyeli örneklerde başlangıç aşamasındaki oksalik asit üretimi değerlendirilmiştir [221]. Emprenyeli odun örneklerindeki ağırlık kayıpları 4. haftanın sonunda %14'den daha az gerçekleşmiştir. Bakır mevcudiyetinde, örnekler mantarlara maruz bırakıldıktan sonra 2. haftanın sonunda, mantarlar tarafından üretilen oksalik asit miktarının emprenyesiz kontrol örneklerine oranla %66 ile %93 arasında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Oksin bakır emprenye maddesi hem mantarların örneklerde neden olduğu ağırlık kayıplarını hem de mantarlar tarafından üretilen oksalik asidi önlemiştir [221].

#### 4.4. CCA İle Emprenyeli Sarıçam Odun Örneklerinden Bakır, Krom ve Arseniğin Uzaklaştırılması

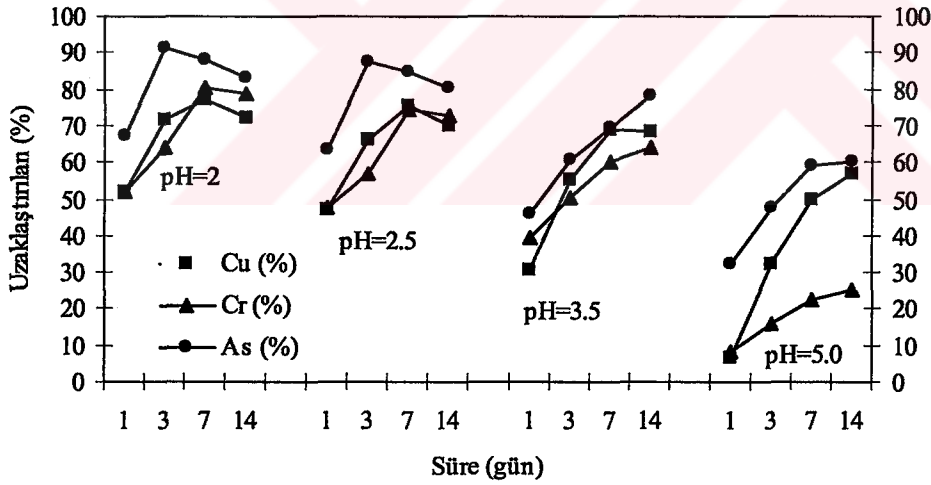
##### 4.4.1. Fosforik Asit

CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri, 4 farklı pH'da hazırlanan fosforik asit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan fosforik asit çözeltisinin pH'sının (Şekil 62-64), remidasyon süresinin (Şekil 62-64) ve örnek boyutunun (Şekil 65-68) etkileri araştırılmıştır.

Fosforik asidin pH=2 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 3. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %95'i, 7. günün sonunda kromun %90'ı ve yine 3. günün sonunda arseniğin %96'sı uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, fosforik asit çözeltisinin pH'sı 5'e ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %77'si, kromun %39'u ve arseniğin %72'si uzaklaştırılabilmektedir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına fosforik asit çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, pH azaldıkça uzaklaştırılan bakır krom ve arsenik miktarlarının arttığı görülmektedir. Özellikle pH'sı 3.5'den daha düşük olarak hazırlanan fosforik asit çözeltisinin bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarı önemli oranda azalırken, remidasyon süresi de artmaktadır. Özellikle pH=5.00 seviyesinde hazırlanan fosforik asit çözeltisiyle remidasyona tabi bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromu uzaklaştırmada bu pH'ya sahip çözeltinin yetersiz bulunduğu tespit edilmiştir. Düşük pH seviyelerinde (pH=2.00 ve 2.50) maksimum oranlarda bakır krom ve arsenik 3. veya 7. günün sonunda uzaklaştırılırken, yüksek pH seviyelerinde 14. günün sonunda bile yıkanmanın devam etmekte olduğu gözlenmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın kroma oranla daha kolay uzaklaştırıldığı görülmektedir.

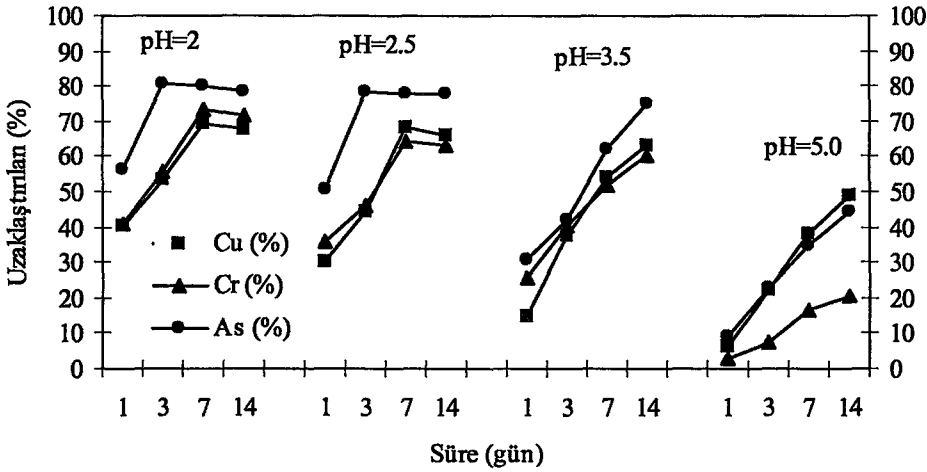


Şekil 62. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



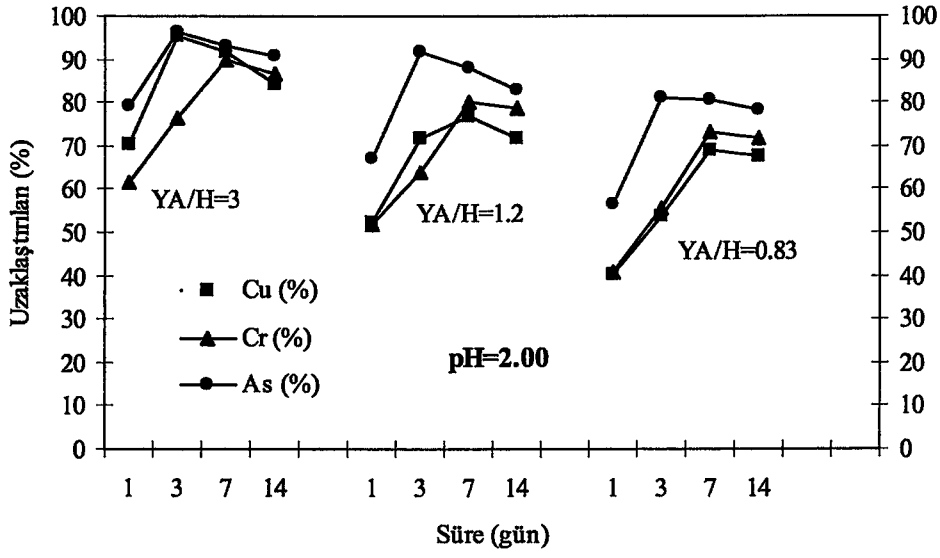
Şekil 63. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



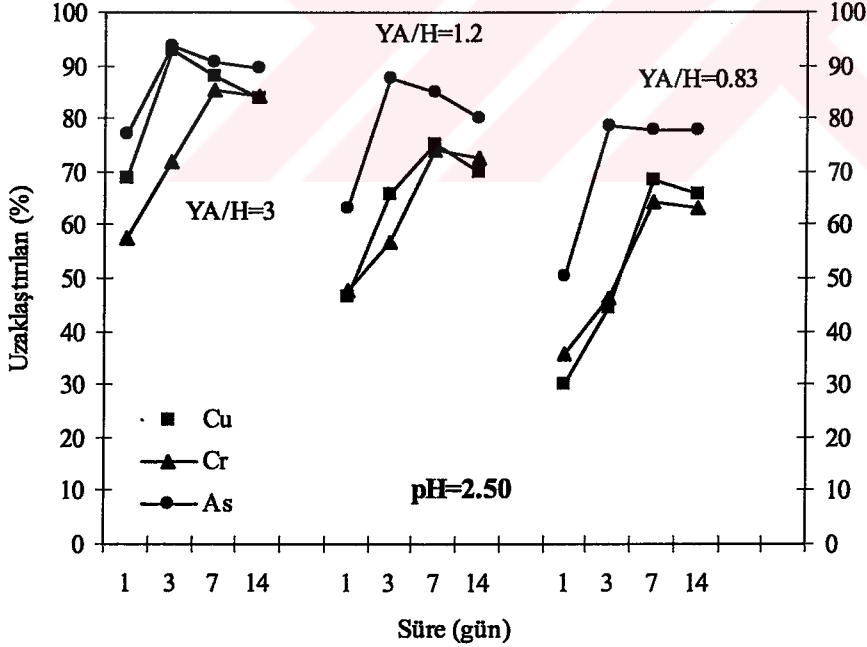


Şekil 64. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden fosforik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

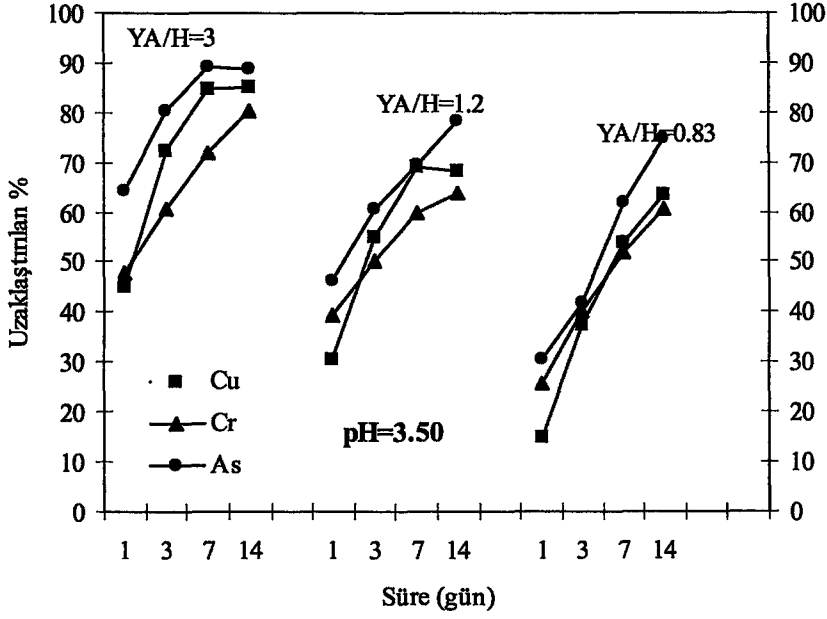
Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2 cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının, diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Fosforik asidin pH=2 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 3. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %95'i, 7. günün sonunda kromun %90'nı ve 3. günün sonunda arseniğin %96'sı uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki fosforik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x10cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 7. günün sonunda bakırın %69'u, kromun %73'ü ve arseniğin %80'ni uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır. Bu oran küçüldükçe; özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. Buna ilaveten, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı azaldıkça, odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin maksimumuna ulaşması için gerekli remidasyon süresi de artmaktadır [222,223].



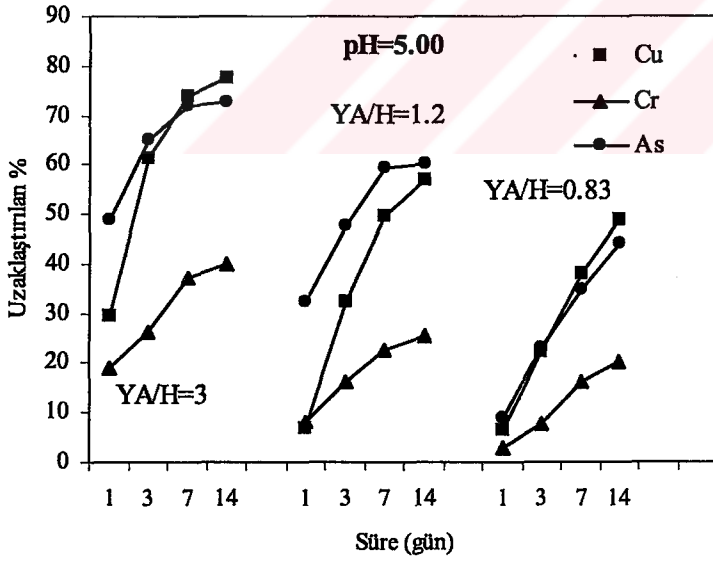
Şekil 65. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 66. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 67. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 68. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden fosforik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

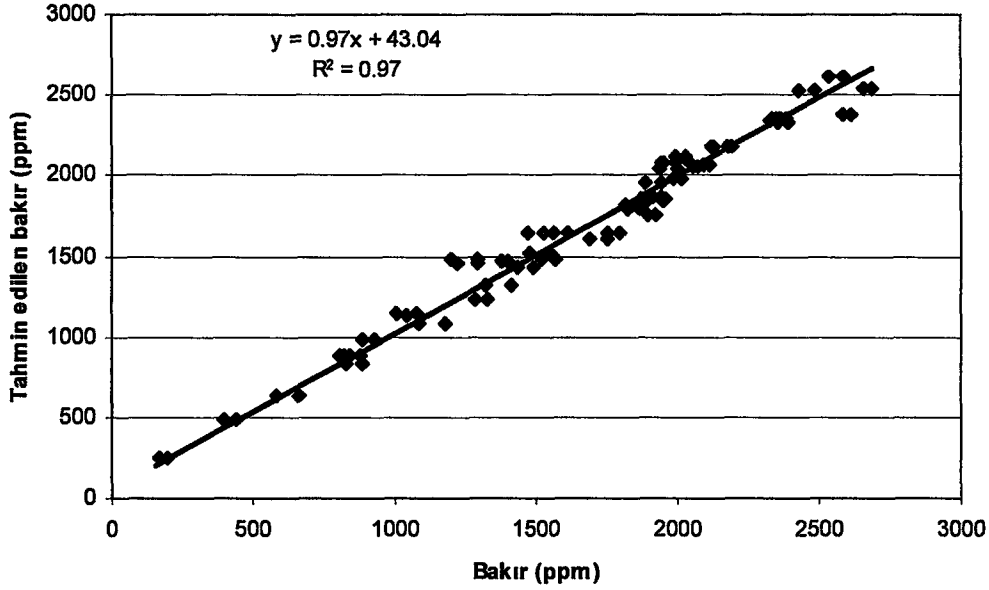
Bu çalışma kapsamında fosforik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 4866.26 - 1063.82\text{BBS} - 1973.84\text{BBKKB} - 325.51\text{PH} + 1.26\text{PH}^2\text{S}^2 - 13.52\text{BXS}$$

Bu modele göre fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; remidasyon süresinin tersiyle, odun örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının karekökünün tersiyle, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranıyla sürenin çarpımıyla ve pH ile, ters orantılı olarak arttığı görülmektedir. Bir başka ifadeyle, bakırın büyük bir kısmı ilk 24 saatte uzaklaştırılmakta ve daha sonra yıkanan bakır miktarı azalmaktadır. Uzaklaştırılan bakır miktarı remidasyon süresiyle ters orantılı olarak artmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla, uzaklaştırılan bakır miktarı bu oranın karekökü ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca, beklenildiği üzere, pH oranı artıkça uzaklaştırılan bakır miktarı da azalmaktadır. Yukarıda belirlenen model ile önceden belirlenen örnek boyutu, fosforik asit çözeltisi pH'sı ve remidasyon süresi parametrelerinde uzaklaştırılacak bakır miktarının tahmin edilebilmesine imkan sağlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 69) ve ortaya koyulan bu model ile uzaklaştırılan gerçek bakır miktarlarının %3'lük ( $r^2=0.97.39$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

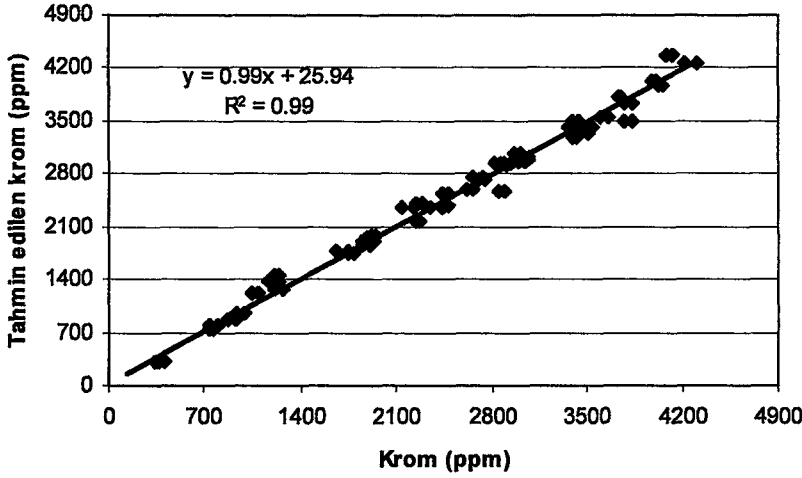
Fosforik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını tahmin önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -16050.09 - 577.03\text{PHKARE} - 1090.73\text{BBB} - 3182.52\text{BBKKS} + 4966.31\text{PH} + 19671.42\text{BBKKPH} + 1112.87\text{BBS}$$



Şekil 69. Fosforik asit ile CCA ile empenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu modele göre fosforik asit ile CCA ile empenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarının; remidasyon süresinin karekökünün tersiyle ve odun örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ve pH ve pH'nın karesiyle, ters orantılı olarak artışı görülmektedir. Uzaklaştırılan krom miktarı remidasyon süresinin kareköküyle ters orantılı olarak ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle artmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı da artmaktadır. Ayrıca, pH'nın karesiyle ve pH derecesinin artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı azalmaktadır. Yukarıda belirlenen model sayesinde, önceden belirlenen örnek boyutu, fosforik asit çözeltisi pH'sı ve remidasyon süresinde uzaklaştırılacak krom miktarı tahmin edilebilmesine imkan sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 70) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %1'lik ( $r^2 = 98.94$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

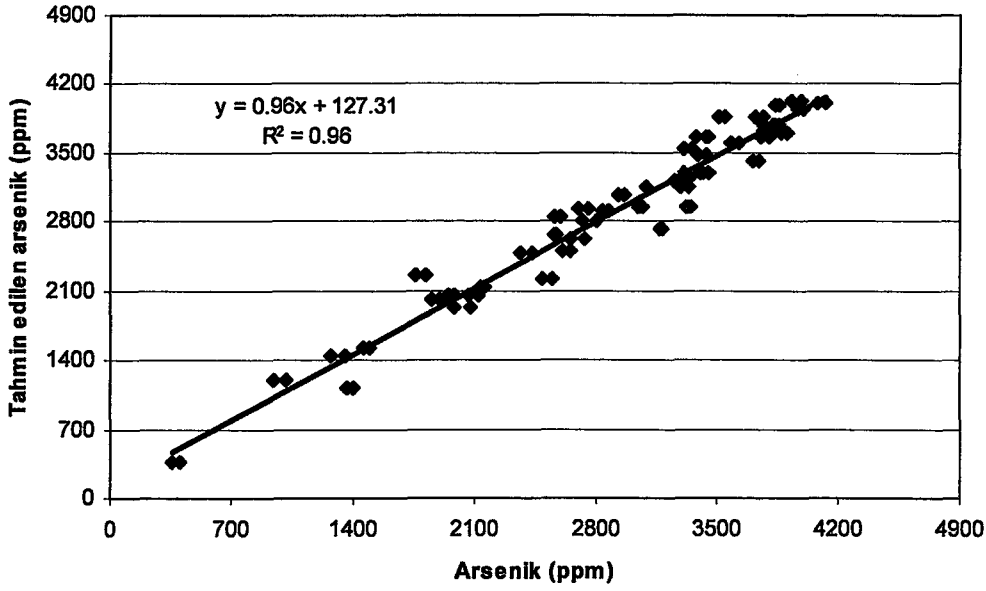


Şekil 70. Fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Fosforik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını tahmin önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 5942.96 - 508.59\text{PH} - 1180.22\text{BBB} - 1134.23\text{BBS}$$

Bu modele göre fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarının; remidasyon süresinin tersiyle, ve pH ile ve odun örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ile ters orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı da artmaktadır. Uzaklaştırılan arseniğin büyük bölümünün remidasyonun ilk günlerinde gerçekleştiğinden süresinin artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı sürenin tersi oranında arttığı belirlenmiştir. Çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Yukarıda belirlenen model sayesinde, önceden belirlenen örnek boyutu, fosforik asit çözeltisi pH'sı ve remidasyon süresinde uzaklaştırılacak krom miktarı tahmin edilebilmesine imkan sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 71) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %4'lük ( $r^2=0.96$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



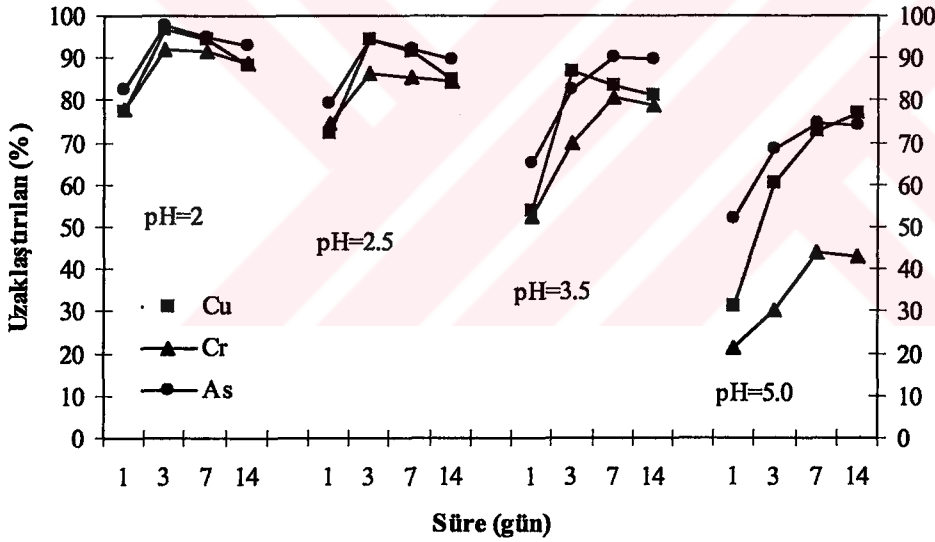
Şekil 71. Fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.2. Kromotropik Asit

CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri, 4 farklı pH'da hazırlanan kromotropik asit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan kromotropik asit çözeltisinin pH'sının (Şekil 72-74), remidasyon süresinin (Şekil 72-74) ve örnek boyutunun (Şekil 75-78) etkileri araştırılmıştır.

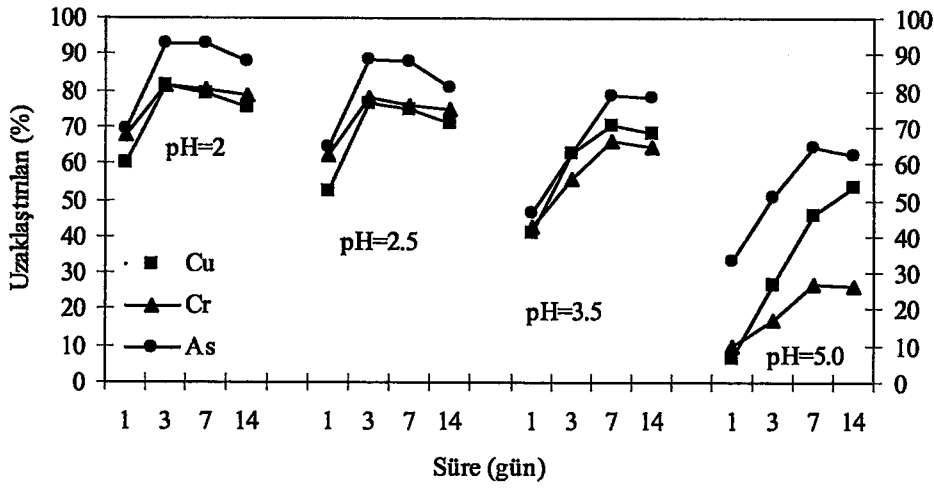
Kromotropik asidin pH=2 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 3. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %96'sı, kromun %92'si ve arseniğin %97'si uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, kromotropik asit çözeltisinin pH'sı 5'e ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %77'si, kromun %43'ü ve arseniğin %74'ü uzaklaştırılabilmiştir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına kromotropik asit çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, pH azaldıkça uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının arttığı görülmektedir. Özellikle pH'sı 3.5 ve daha düşük olarak hazırlanan kromotropik asit çözeltisinin bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında oldukça etkili

olduğu tespit edilmiştir. Çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarı önemli oranda azalırken, remidasyon süresi de uzamaktadır. Özellikle pH=5.00 seviyesinde hazırlanan kromotropik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromu uzaklaştırmada oldukça yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH seviyelerinde (pH=2.00, 2.50 ve 3.50) maksimum oranlarda bakır, krom ve arsenik 3. veya 7. günün sonunda uzaklaştırılırken, yüksek pH seviyelerinde 14. günün sonunda bile çok azda olsa halen devam etmekte olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın kroma oranla daha kolay uzaklaştırıldığı görülmektedir. Forsyth ve Morrell yaptıkları çalışmada CCA ile emprenyeli duglas göknarı (Douglas-fir) ve batı hemlok (western hemlock) odun örneklerinde kromotropik asit kullanarak kromun indirgenmesini sağlamışlardır. CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromu uzaklaştırmada kromotropik asidin etkili olduğunu tespit etmişlerdir [224].

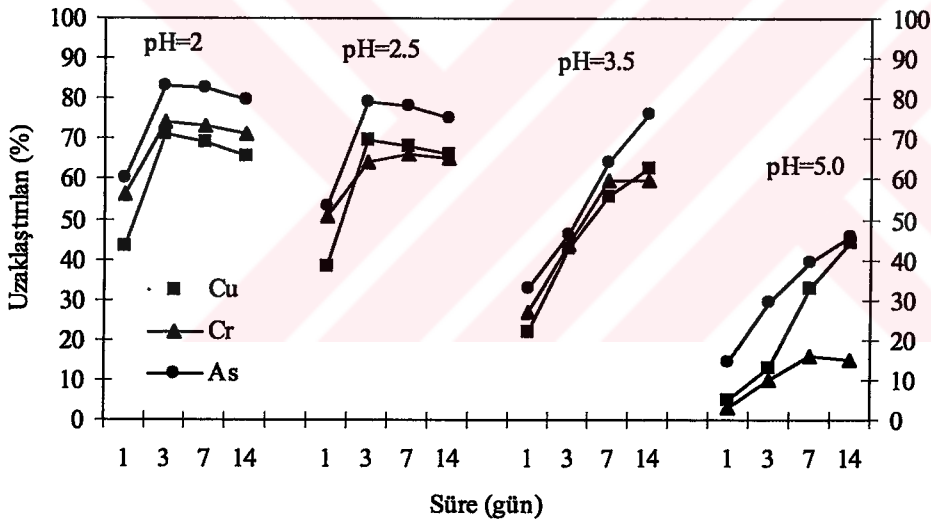


Şekil 72. CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) örneklerden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları





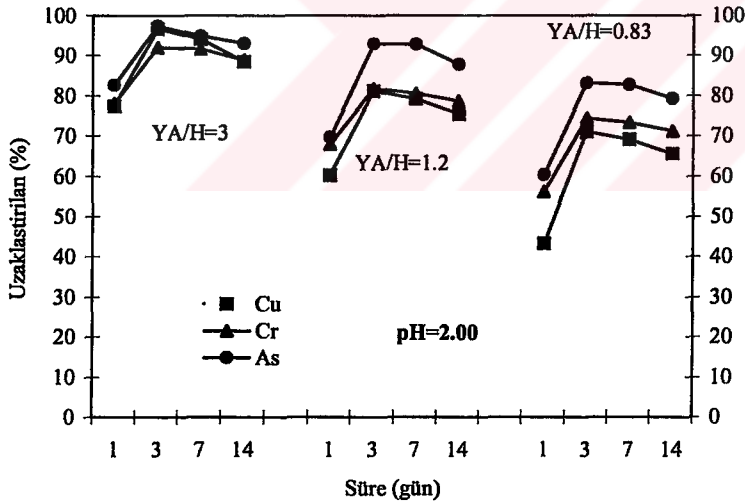
Şekil 73. CCA ile emprenyeli 5x5x5cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



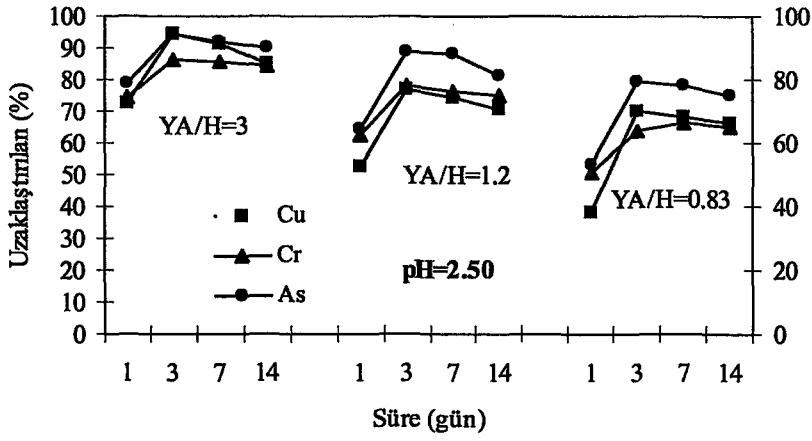
Şekil 74. CCA ile emprenyeli 5x5x10cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden kromotropik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2 cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kromotropik asidin pH=5 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda

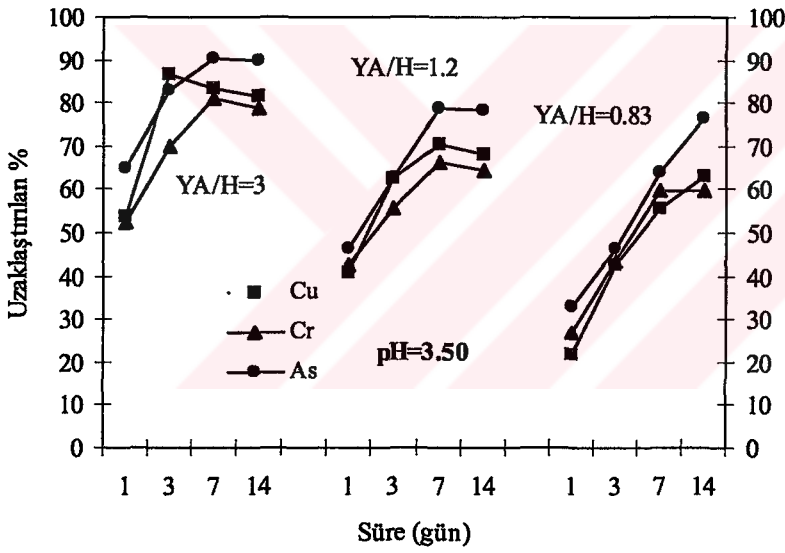
uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %77'si, kromun %43'ü ve arseniğin %74'ü uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki kromotropik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x10cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden, 14. günün sonunda bakırın %44'ü, kromun %15'i ve arseniğin %45'i uzaklaştırılabildiği görülmüştür. Özellikle remidasyon çözeltisinin pH'sı arttıkça ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı azaldıkça, odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranları önemli oranlarda azalmakta, gerekli olan remidasyon süresi de uzamaktadır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile empenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır. Bu oran küçüldükçe; özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı azaldıkça, odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin maksimuma ulaşması için gerekli remidasyon süresi de artmaktadır [222,223].



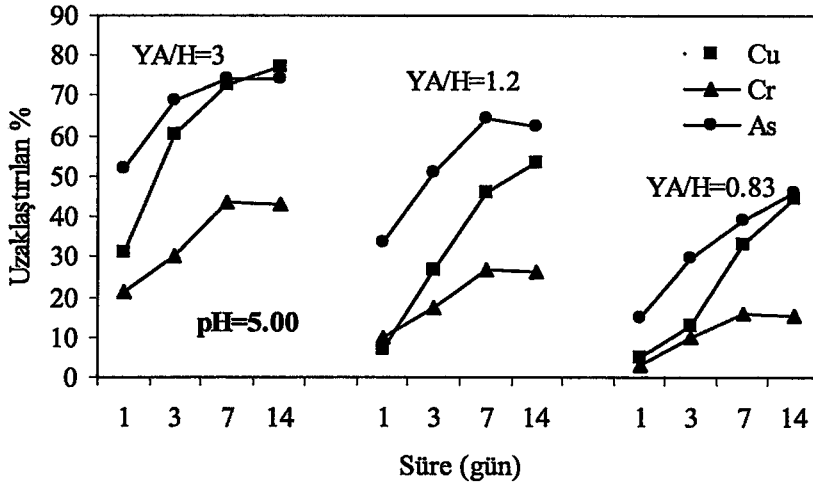
Şekil 75. CCA ile empenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 76. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 77. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

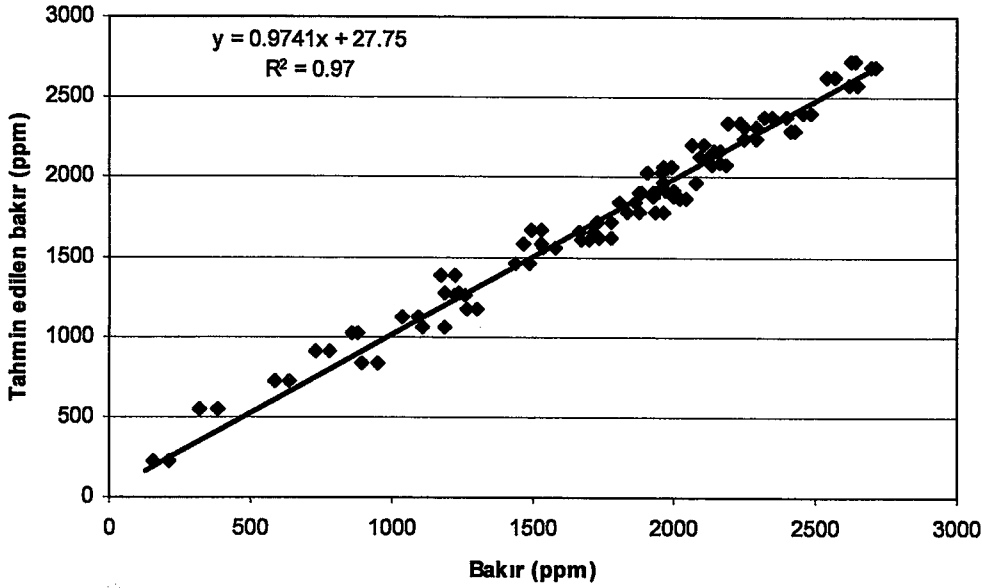


Şekil 78. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden kromotropik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında kromotropik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{ Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 3452.52 - 67.64\text{PHKARE} - 754.37\text{BBB} - 955.88\text{BBS} + 1.77\text{PH2XB2} + 0.20\text{B2XS2} - 2.96\text{S2}$$

Bu modele göre; kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; çözelti pH'sının karesiyle, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ve remidasyon süresinin tersiyle ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Kromotropik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır oranı azalırken, örnek yüzeyinin örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 79) ve belirlenen bu model ile uzaklaştırılan gerçek bakır miktarlarının %3'lük ( $r^2=0.97$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

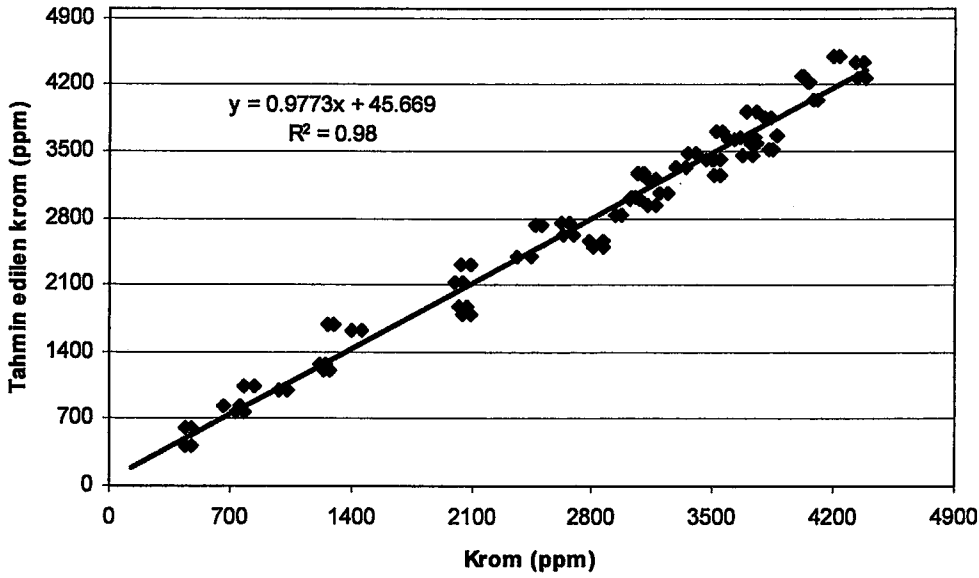


Şekil 79. Kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında kromotropik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 5529.02 - 126.93\text{PHK} - 1175.92\text{BBB} - 932.66\text{BBS}$$

Bu modele göre; kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı, çözelti pH'sının karesiyle, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ve remidasyon süresinin tersiyle ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Çözelti pH'sının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı azalırken, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 80) ve belirlenen bu model ile uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %2'lik ( $r^2=\%98$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

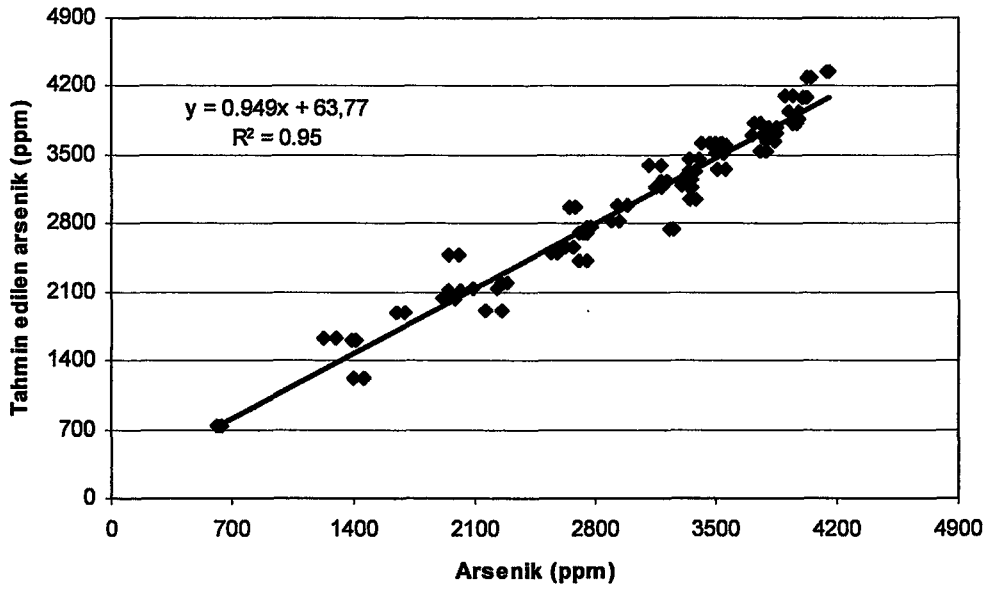


Şekil 80. Kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında kromotropik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 5943.80 - 489.24\text{PH} - 1144.94\text{BBB} - 1118.48\text{BBS}$$

Bu modele göre; kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı, çözelti pH'sı ile, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ve remidasyon süresinin tersiyle ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Çözelti pH'sının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı azalırken, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 81) ve belirlenen bu model ile uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarlarının %5'lik ( $r^2=0.95$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 81. Kromotropik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.3. Oksalik Asit

CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örneklerin 4 farklı pH'da hazırlanan oksalik asit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan oksalik asit çözeltisinin pH'sının (Şekil 82-84), remidasyon süresinin (Şekil 82-84) ve örnek boyutunun (Şekil 85-88) etkileri araştırılmıştır.

Oksalik asidin pH=2 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %80'ni, kromun %51'ni ve 7. günün sonunda arseniğin %69'u uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, oksalik asit çözeltisinin pH'sı 5'e ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %66'sı, kromun %23'ü ve arseniğin %51'i uzaklaştırılabilmektedir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına oksalik asit çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, pH azaldıkça uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının arttığı görülmektedir. Özellikle pH'sı 3.5'den daha düşük olarak

hazırlanan oksalik asit çözeltisi bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları incelendiğinde her ne kadar istatistiksel anlamda fark olmamasıyla birlikte oksalik asidin pH=2.50 seviyesinde hazırlanan çözeltisi, pH=2.00 seviyesinde hazırlanan oksalik asit çözeltisiyle uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Oksalik asidin özellikle bakır ve arseniğinin uzaklaştırılmasında etkili olurken, kromu uzaklaştırmada özellikle yüksek pH seviyelerinde oldukça etkisiz olduğu tespit edilmiştir. Çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarı önemli oranda azalırken, remidasyon süresinde uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğinin maksimuma ulaşması anlamında herhangi bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle pH=5.00 seviyesinde hazırlanan oksalik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromu uzaklaştırmada oldukça yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın, kroma oranla daha kolay uzaklaştırıldığı görülmektedir.

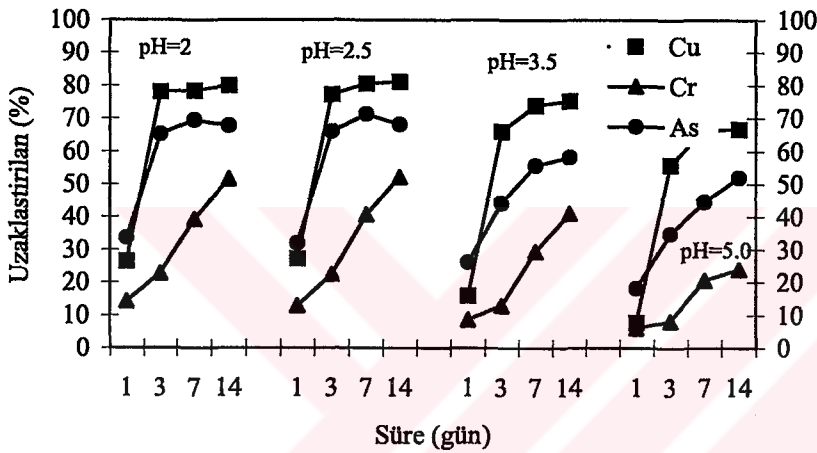
Clausen bir çalışmasında CCA emprenyeli odun örneklerinden çift remidasyon metodu uygulayarak bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılması imkanlarını araştırmıştır. CCA ile emprenyeli odun örnekleri önce %0.1 lik oksalik asit ile 18 saat işleme tutulmuş daha sonra *Bacillus licheniformis* bakteriye maruz bırakmış ve uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları tespit edilmiştir. Toplam, bakırın %78 kromun %97'si ve arseniğinin %93'ü uzaklaştırılmıştır [116].

Mateus ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Portekiz'de atıl hale gelmiş kreozot ve CCA ile emprenyeli tel direklerinden ve traverslerden bakır, krom ve arseniğinin elektrodialitik yöntem ile uzaklaştırılması olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla atıl haldeki CCA ile emprenyeli *Pinus pinaster* tel direkleri yongaları ve talaşı %2.5'luk oksalik asit yardımı ile elektrodialitik yöntem ile bakırın %84'ü, kromun %91'i ve arseniğinin %97'si uzaklaştırıldığı belirtilmiştir [134].

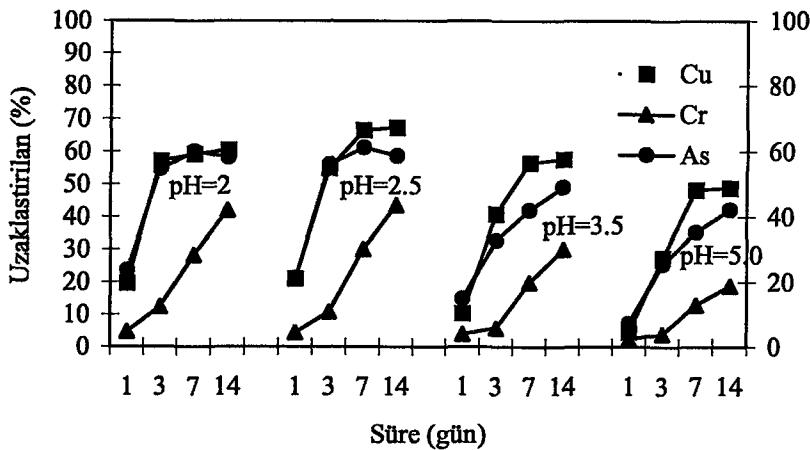
Ribeiro ve arkadaşları yaptıkları çalışmada atıl hale gelmiş CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğinin elektrodialitik yöntem ile uzaklaştırılması olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla atıl haldeki CCA ile emprenyeli *Pinus pinaster* tel direkleri yongaları ve talaşı %2.5'luk ve %7.5'luk oksalik asit yardımı ve 0.2 mA/cm<sup>2</sup> sabit doğru akım kullanılarak elektrodialitik yöntem ile bakırın %93'ü, kromun %95'i ve arseniğinin %99'si uzaklaştırıldığı belirtilmiştir [135].



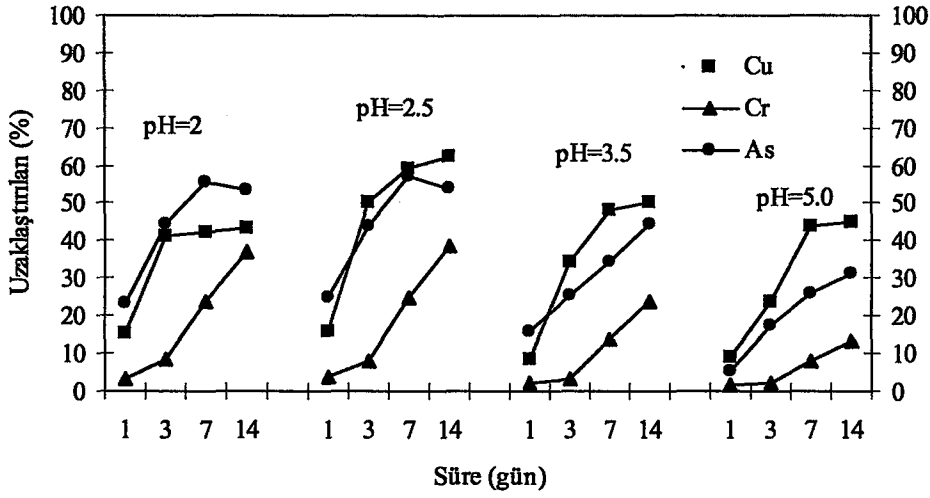
Velizarova ve arkadaşları yaptıkları çalışmada CCA ile emprenyeli odun örneklerinden elektrodialitik işlemi ile bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması imkanlarını araştırmışlardır. CCA ile emprenye edilmiş 20 yıl süreyle kullanılmış çam (Pinus pinaster Ait) tel direğinden elektrodialitik ve diyalitik teknikler kullanarak bakır, krom ve arsenik uzaklaştırılmıştır. Bu çalışmada "temizleme aracı" (cleaning agent) olarak oksalik asit kullanılmış ve uygulanan direk akımın etkisi 120 mA kadar olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre; 14 günlük işlem sonucunda bakırın %84'ü, kromun %87'si ve arseniğin %95'i uzaklaştırılmıştır. Ayrıca, odun yongalarının oksalik ile ilk olarak muamele edilmesi saf suya göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir [136].



Şekil 82. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam odun örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

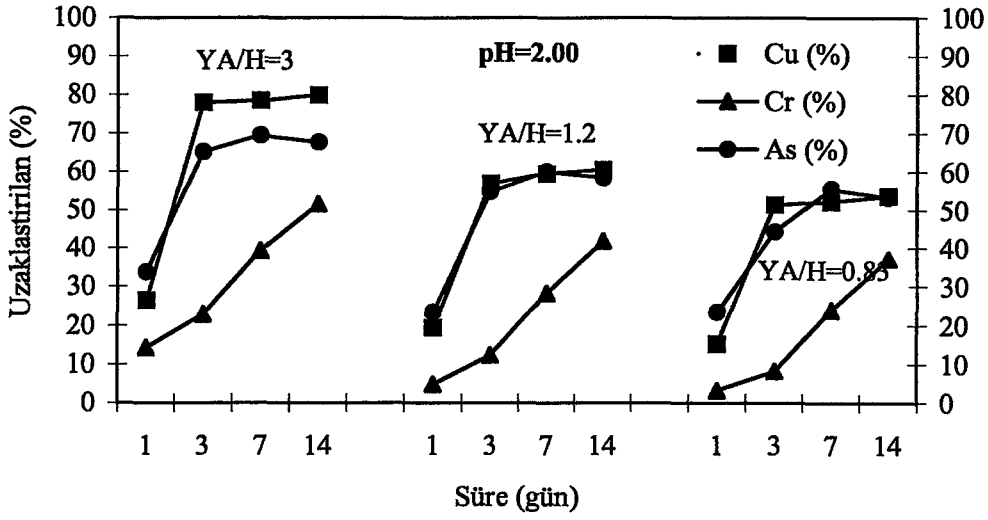


Şekil 83. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam odun örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

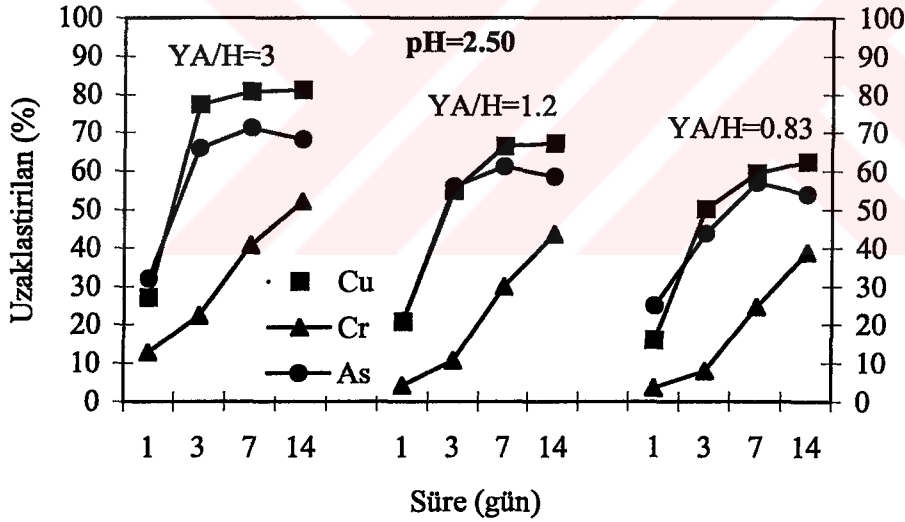


Şekil 84. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden oksalik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

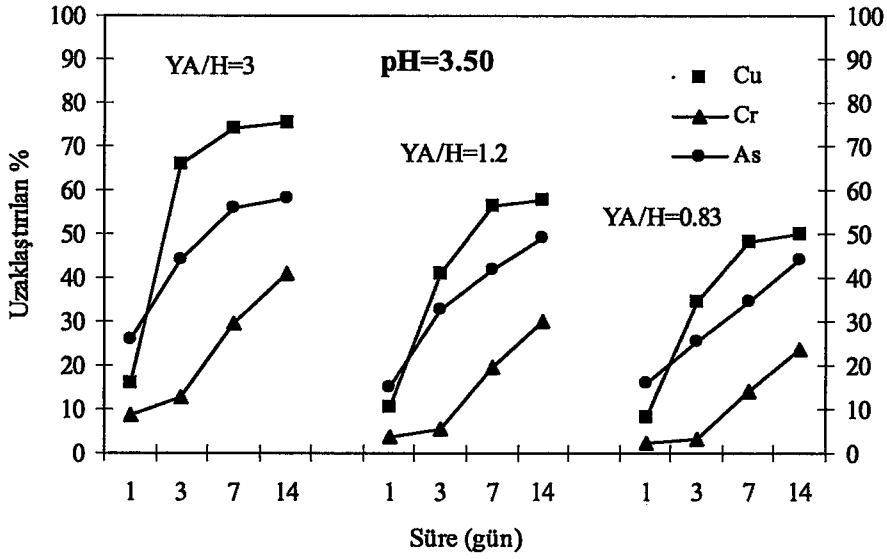
Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, bütün pH seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. oksalik asidin pH=5.00 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden; 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %66'sı, kromun %23'ü ve arseniğin %52'si uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki oksalik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %44'ü, kromun %13'ü ve arseniğin %31'i uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır [222,223]. Bu oran küçüldükçe; özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir.



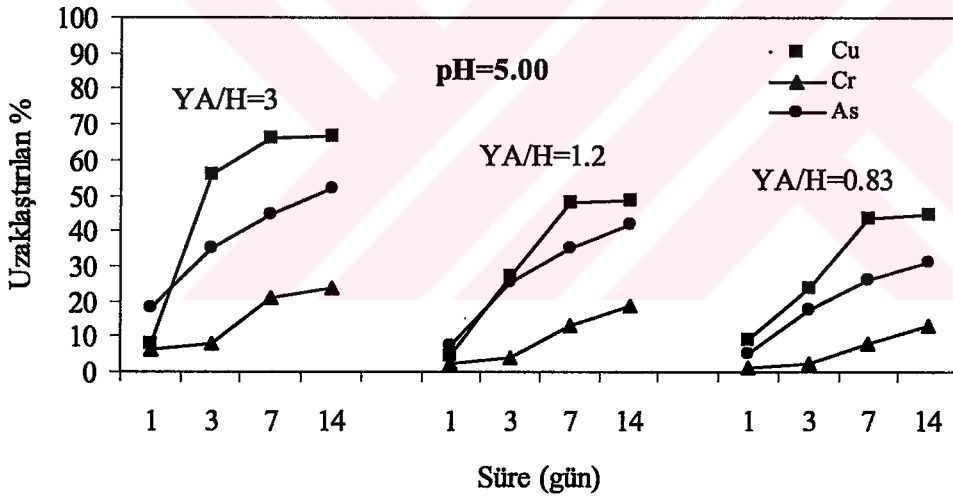
Şekil 85. CCA ile empenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 86. CCA ile empenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 87. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

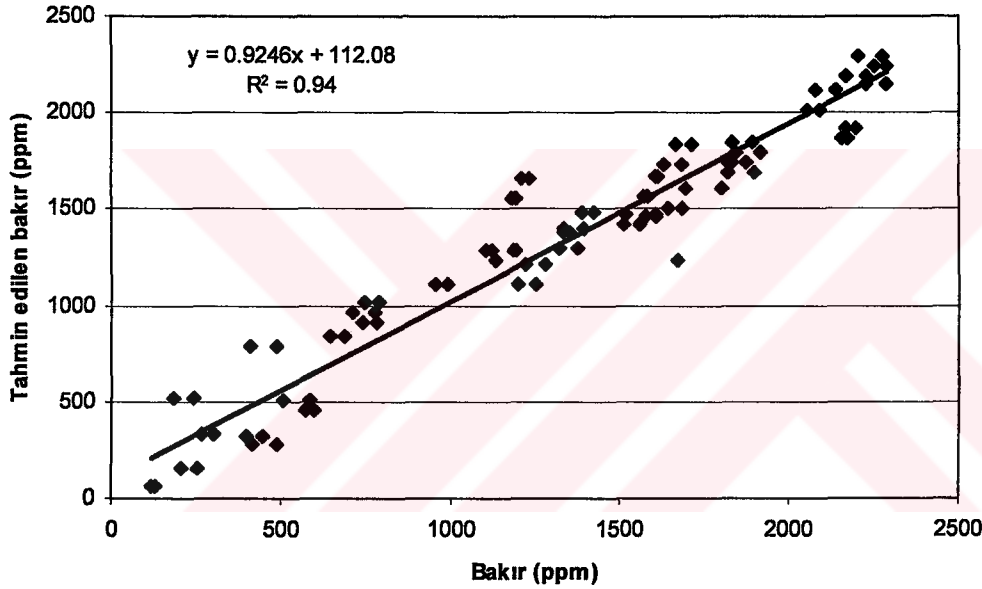


Şekil 88. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oksalik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında oksalik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 1935.87 - 1433.45\text{BBS} + 1138.15\text{LOGB} - 21.10\text{PHKARE}$$

Bu modele göre oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; remidasyon süresinin tersiyle ve çözelti pH'sının karesiyle ters orantılı, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının logaritmasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Oksalik asit çözeltisinin pH'sı artıkça, pH'nın karesi oranında uzaklaştırılan bakır oranı azalmaktadır. Remidasyon süresi ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla, uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 89) ve belirlenen bu model ile uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %6'lık ( $r^2=0.94$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

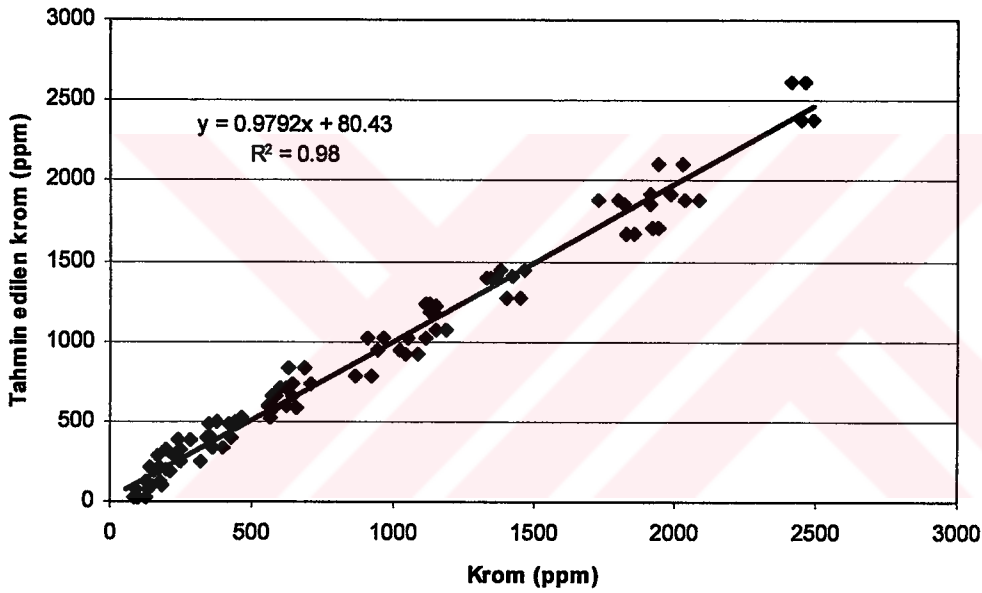


Şekil 89. Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında oksalik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -127.63 + 302.11S - 33.86PHXS + 1012.50LOGB - 5.47S^2$$

Bu modele göre fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; oksalik asit çözeltisi pH'sının karesiyle ters orantılı, remidasyon süresiyle ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranına oranının logaritmasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Remidasyon süresi ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça uzaklaştırılan krom miktarı artmakta, çözelti pH'sı arttıkça uzaklaştırılan krom oranı azalmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 90) ve belirlenen bu model ile uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %2'lik ( $r^2=0.98$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

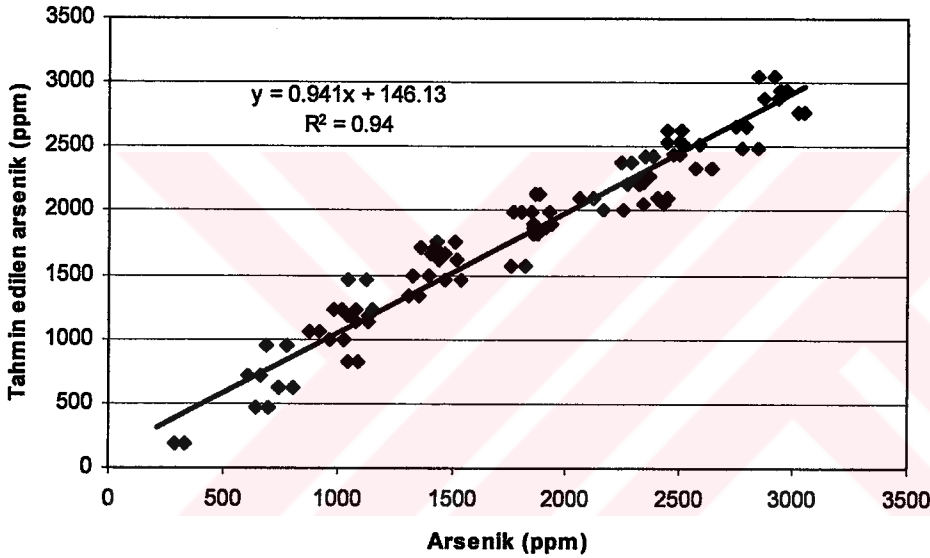


Şekil 90. Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında oksalik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 4598.52 - 1494.35\text{BBS} - 349.26\text{PH} - 1283.35\text{BBKKB}$$

Bu modele göre fosforik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; çözelti pH'sıyla ters orantılı, remidasyon süresiyle ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının kareköküyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Örnek yüzey alanın örnek hacmine oranının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı artarken, çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı azalmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 91) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %6'lık ( $r^2=0.94$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 91. Oksalik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

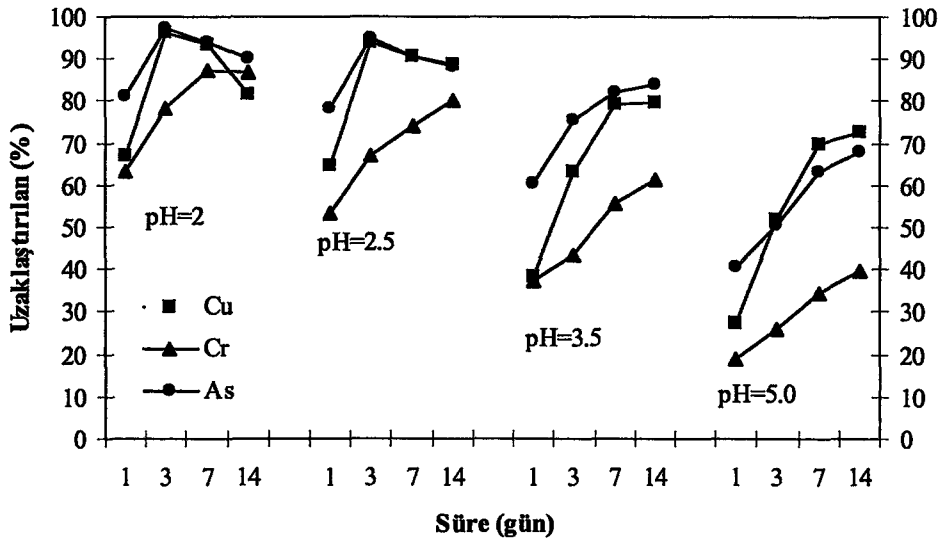
#### 4.4.4. Oleik Asit

CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri, 4 farklı pH'da hazırlanan oleik asit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan oleik asit çözeltisinin pH'sının (Şekil 92-94), remidasyon süresinin (Şekil 92-94) ve örnek boyutunun (Şekil 95-98) etkileri araştırılmıştır.

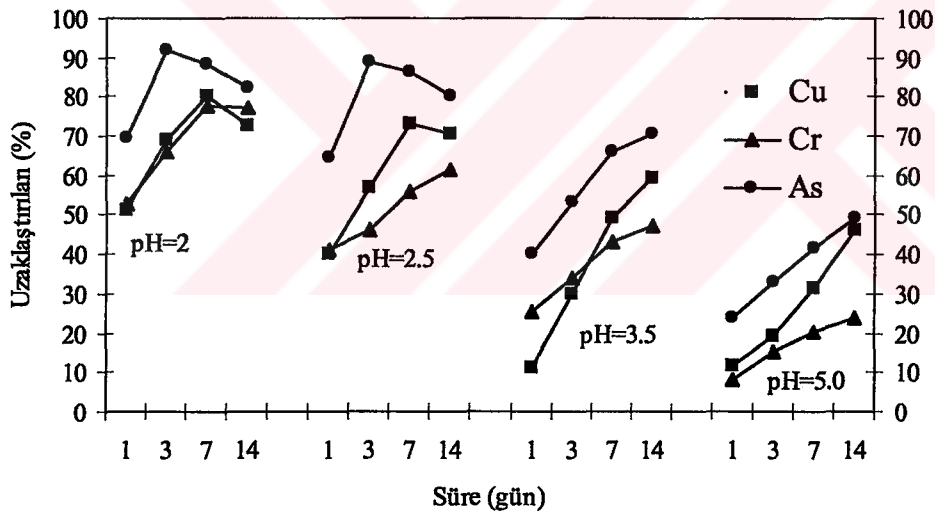
Oleik asidin pH=2 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 3. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %96'sı, 7. günün sonunda kromun %87'si ve 3. günün sonunda arseniğin %97'si uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, oleik asit çözeltisinin pH'sı 5'e ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %72'si, kromun %39'u ve arseniğin %68'i uzaklaştırılabilmiştir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına oleik asit çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, pH azaldıkça uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının arttığı görülmektedir. Özellikle pH'sı 3.50 ve daha düşük seviyelerde hazırlanan oleik asit çözeltisi; bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarı önemli oranda azalırken, remidasyon süresi de artmaktadır. Özellikle pH=5.00 seviyesinde hazırlanan oleik asit çözeltisiyle remidasyona tabi bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromu uzaklaştırmada yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH seviyelerinde (pH=2.00 ve 2.50) maksimum oranlarda bakır krom ve arsenik 3. günün sonunda uzaklaştırılırken, yüksek pH seviyelerinde 14. günün sonunda bile çok azda olsa halen devam etmekte olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın kroma oranla daha kolay uzaklaştırıldığı görülmektedir. Oleik asidin CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniği düşük pH seviyelerde uzaklaştırmasının nedeni, asidik ortamlarda odun bileşenlerinin (lignin ve selüloz) bozunması ve dolayısıyla büyük oranda lignine fiske olan CCA bileşenlerinin daha kolayca yıkanmasıdır [44]. Bu sayede, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden yüksek oranlarda bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmıştır. Bunun yanında, yapılan çalışmalarda 10 veya daha fazla karbon içeren poliaromatik ve alifatik asitlerin metallerle suda çözünebilir kompleksler oluşturduklarını tespit edilmiştir [225]. Bu nedenle oleik asit de; bakır, krom ve arsenik ile suda daha çözünebilir kompleksler oluşturarak CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması kolaylaşmış olabilir.

Oleik asit ülkemizde özellikle zeytin yağı fabrikalarında bol miktarda atık olarak bulunmakta ve sabun yapımında kullanılmaktadır. Oleik asidin ülkemizde kolayca elde edilebilmesi ve ekonomik olması gibi avantajlı yönlerinden dolayı oleik asit atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin remidasyonunda kullanılabilir.

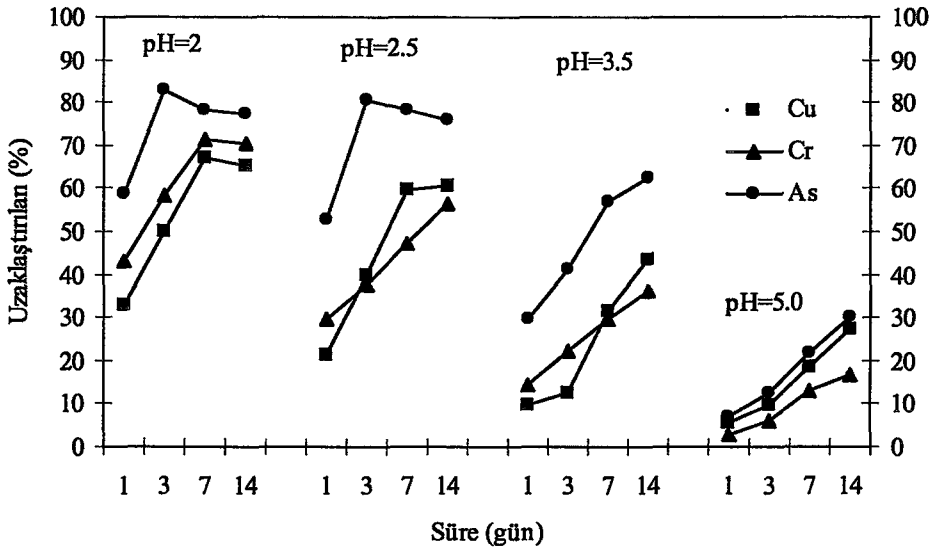




Şekil 92. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



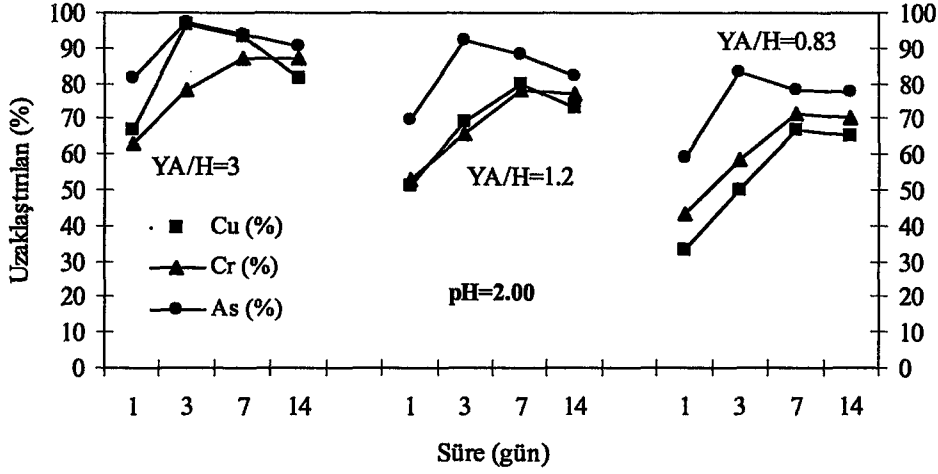
Şekil 93. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



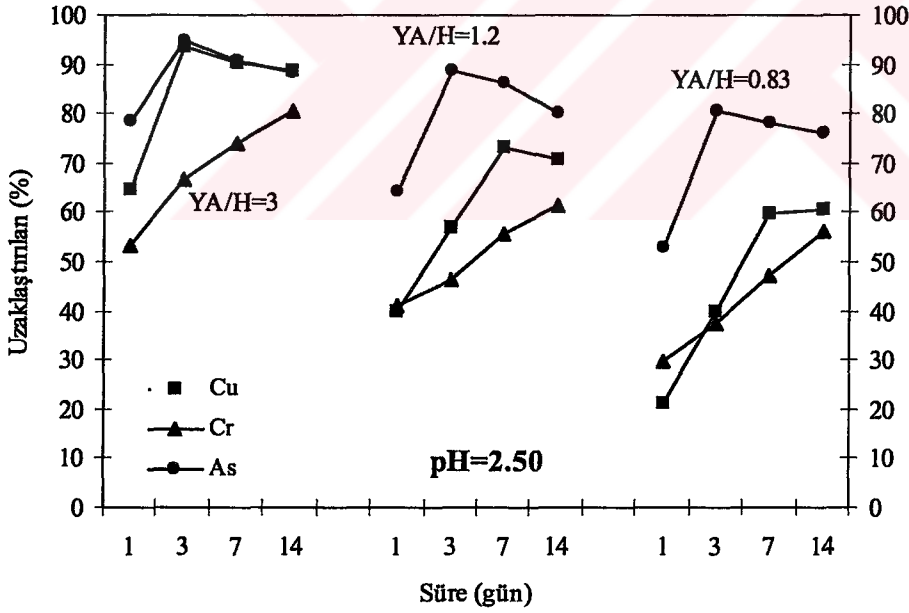
Şekil 94. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam odun örneklerinden oleik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Oleik asidin pH=5 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %72'si, kromun %39'u ve arseniğin %68'i uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki oleik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5cm (YA/H=1.2) boyutunda hazırlanan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %46'sı, kromun %23'ü ve arseniğin %49'u ve 5x5x10cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %27'si, kromun %16'sı ve arseniğin %30'u uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır [222,223]. Bu oran küçüldükçe, özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. Buna ilaveten, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı azaldıkça,

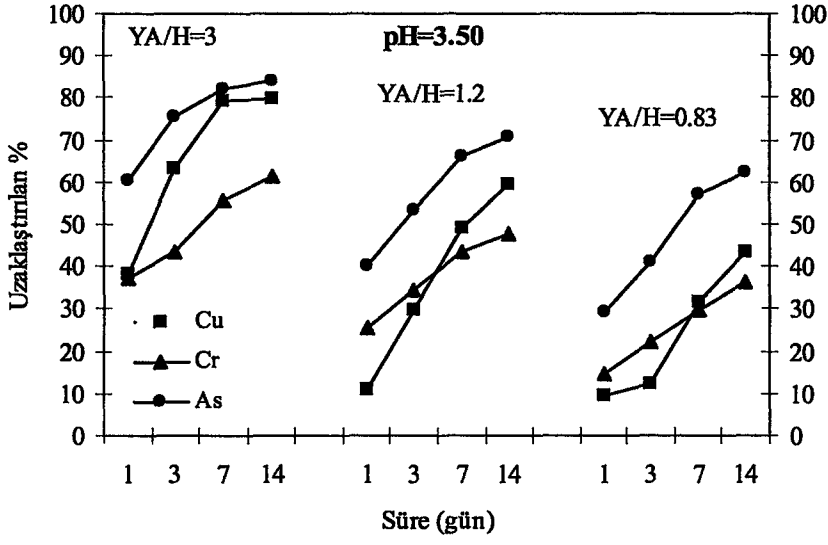
odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin maksimuma ulaşması için gerekli remedasyon süresi de artmaktadır.



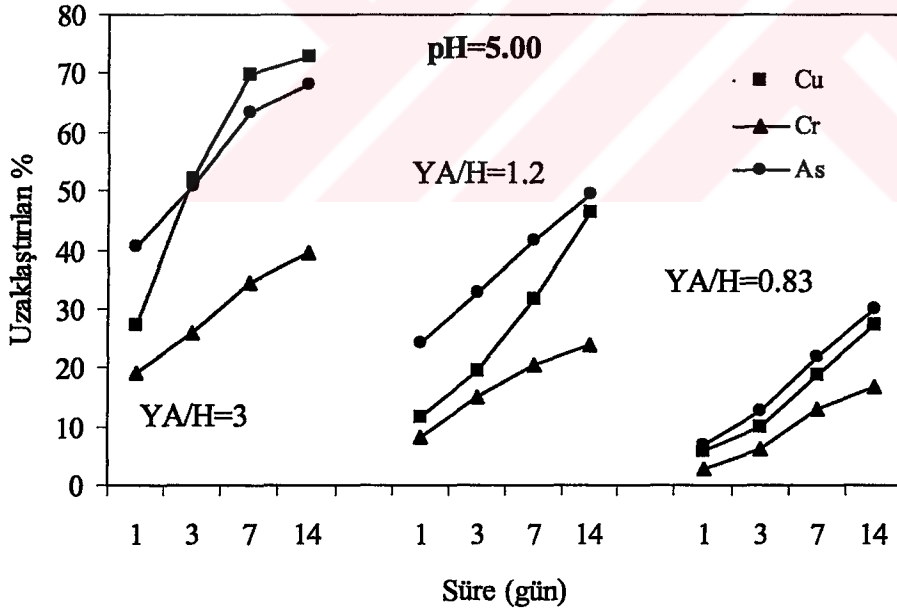
Şekil 95. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 96. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 97. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

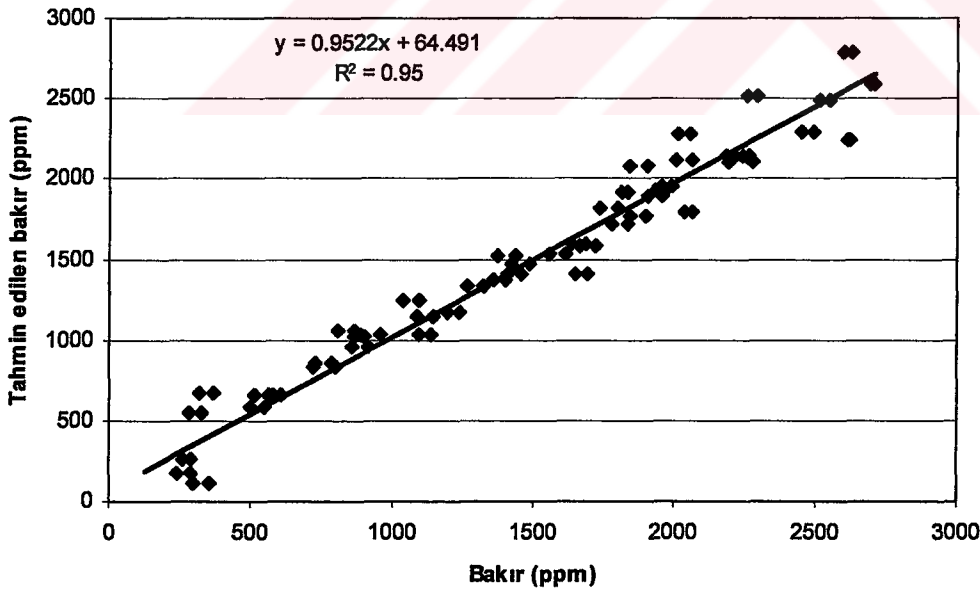


Şekil 98. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden oleik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında oleik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 1487.03 - 2021.60\text{BBKKB} + 4165.93\text{BBKKPH} - 1283.10\text{BBKKS}$$

Bu modele göre oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının karekökü ve remidasyon süresinin kareköküyle doğru orantılı, çözelti pH'sının kareköküyle ters orantılı olarak artmaktadır. Oleik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı azalırken, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 99) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %5'lik ( $r^2=0.95$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

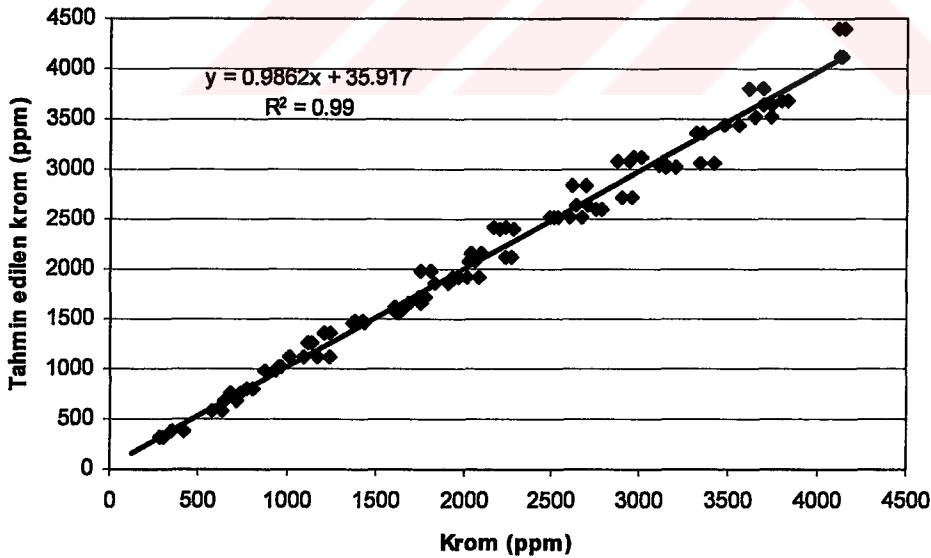


Şekil 99. Oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında oleik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -2778.98 + 9085.11\text{BBKKPH} - 1198.97\text{BBB} + 949.66\text{LOGS}$$

Bu modele göre oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; oleik asit çözeltisi pH'sının kareköküyle ters orantılı, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranıyla ve remidasyon süresinin logaritmasıyla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Oleik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı azalırken, remidasyon süresi ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 100) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %1'lik ( $r^2=\%99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

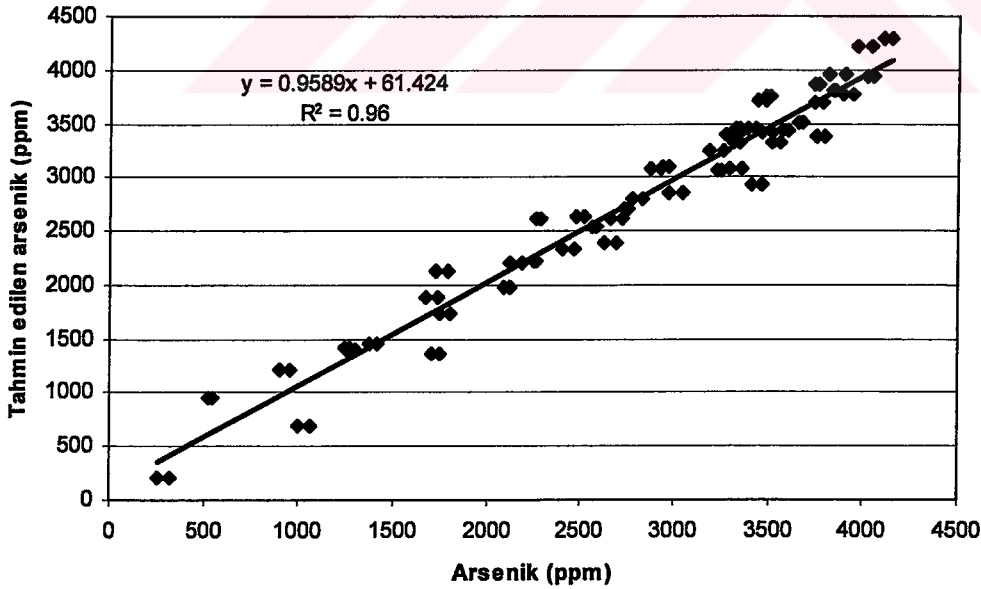


Şekil 100. Oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında oleik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 6938.51 - 822.96\text{PH} + 13.71\text{PHXBXS} - 1289.49\text{BBB} - 1087.06\text{BBS} - 50.50\text{BXS}$$

Bu modele göre oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; oleik asit çözeltisi pH'sıyla ters orantılı, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranıyla ve remidasyon süresiyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Oleik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı azalırken, remidasyon süresi ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 101) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %4'lük ( $r^2=0.96$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 101. Oleik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.5. Sitrik Asit

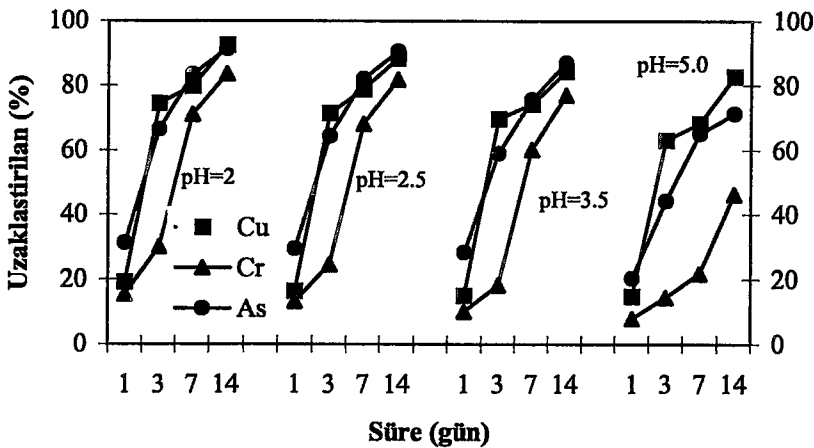
CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri, 4 farklı pH'da hazırlanan sitrik asit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan sitrik asit çözeltisinin pH'sının (Şekil 102-104), remidasyon süresinin (Şekil 102-104) ve örnek boyutunun (Şekil 105-108) etkileri araştırılmıştır.

Sitrik asidin pH=2 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %92'si, kromun %83'ü ve arseniğin %91'i uzaklaştırılmıştır. Bununla birlikte, sitrik asit çözeltisinin pH'sı 5'e ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %82'si, kromun %46'sı ve arseniğin %71'i uzaklaştırılabilmiştir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına sitrik asit çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, pH azaldıkça uzaklaştırılan bakır krom ve arsenik miktarlarının arttığı görülmektedir. Özellikle pH'sı 3.5 ve daha düşük olarak hazırlanan sitrik asit çözeltisi bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Çözelti pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarı azalmakla birlikte, pH=5.00 seviyesinde hazırlanan sitrik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bile önemli oranlarda bakır, krom ve arsenik CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılmıştır. Ayrıca, her ne kadar bütün pH seviyelerinde uzaklaştırılan bakır krom ve arsenik miktarları remidasyonun 14.gününde maksimum seviyeye ulaşmalarına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bölümü 7.günün sonunda gerçekleşmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın kroma oranla daha kolay uzaklaştırıldığı görülmektedir. Sitrik asidin çok güçlü bir asit olması, dolayısıyla odun bileşenlerinden selüloz ve lignini bozundurması sonucunda yüksek oranlarda bakır, krom ve arseniğin ağaç malzemelerden yıkanmasına neden olmakta ve ayrıca sitrik asidin bidantate bağlayıcı (ligand) olarak davranması ve bu bağlayıcıların birden fazla değerlikli kationları ayrıştırarak yüksek çözünürlükteki komplekslere dönüştürmesi sonucunda CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranları oldukça yüksek oranlara ulaşmaktadır [44]. Sitrik asit ayrıca kromu chelatlarla dönüştürerek krom

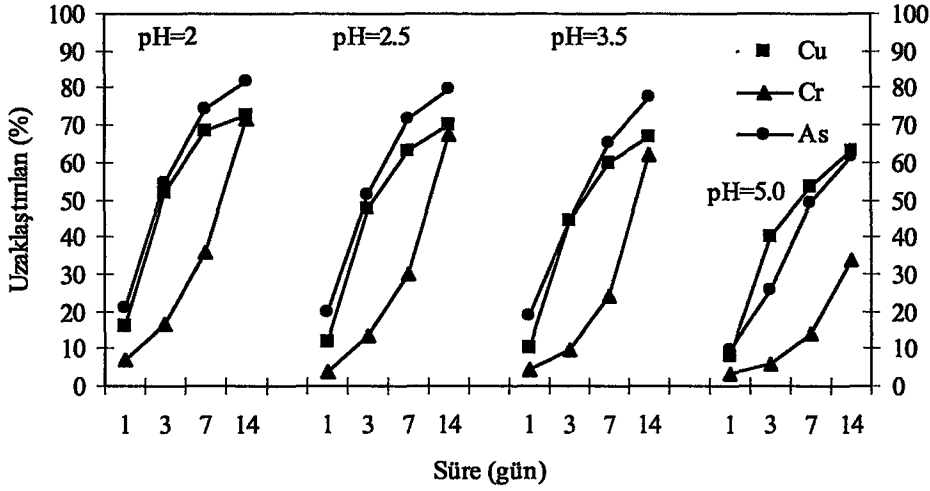


çözünürlüğünü artmaktadır [44]. Bu sayede, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden yıkanan kromun uzaklaşması kolaylaşmaktadır. Bu nedenle, pH=5.00 seviyesinde hazırlanan sitrik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan CCA emprenyeli sarıçam örneklerinden bu çalışma kapsamında kromun %46'sı uzaklaştırılmıştır.

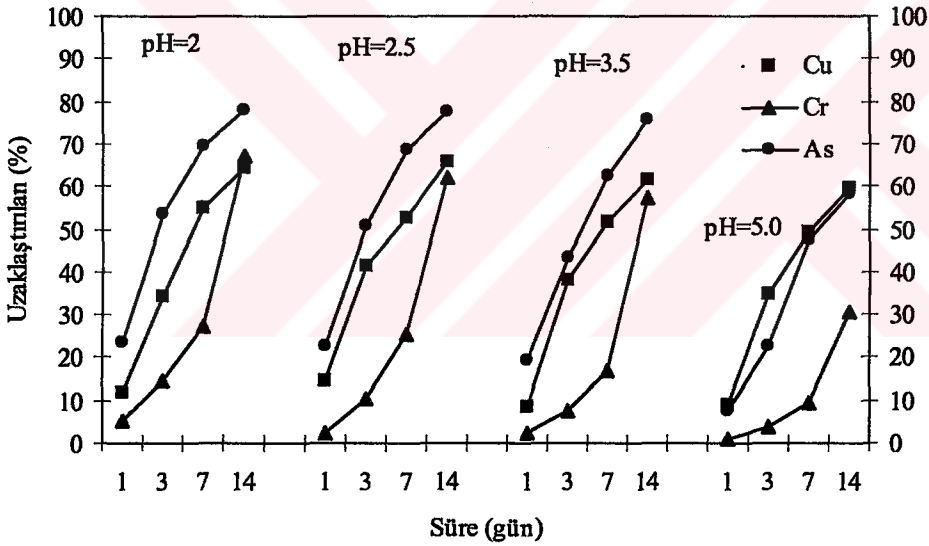
Diğer araştırmacılar da sitrik asit kullanarak CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla çeşitli remidasyon çalışmaları yapmışlardır. Shiau ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, 3x3x0.5 cm boyutunda hazırlanan CCA ile emprenyeli güney çamı (*Pinus spp.*) odun örneklerinden sitrik asit, asetik asit ve sülfürik asit kullanarak 3 hafta süreyle remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarını tespit etmişlerdir. Ayrıca, organik asit ekstrasyonunun yanında, buhar banyosunun bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasına etkilerini araştırmışlardır. pH=3.50 seviyesinde hazırlanan sitrik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden 21. günün sonunda bakırın %84'ü, kromun 81'i ve arseniğin %87'si uzaklaştırılmışken, ph=5.00 seviyesinde hazırlanan sitrik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan odun örneklerinden 21.günün sonunda bakır %86'sı, kromun %87'si ve arseniğin %72'si uzaklaştırılmıştır. Ayrıca remidasyon süresinin etkisi incelendiğinde, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bir bölümünün remidasyonun 7. gününün sonunda gerçekleştiği bildirilmiştir. Diğer yandan, remidasyon işleminden önce odun örneklerinin buharla ön işleme tabii tutulması bakır, krom ve arseniğin ekstrasyonla uzaklaştırılmasına herhangi bir olumlu etki yapmadığı belirtilmiştir [117].



Şekil 102. CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



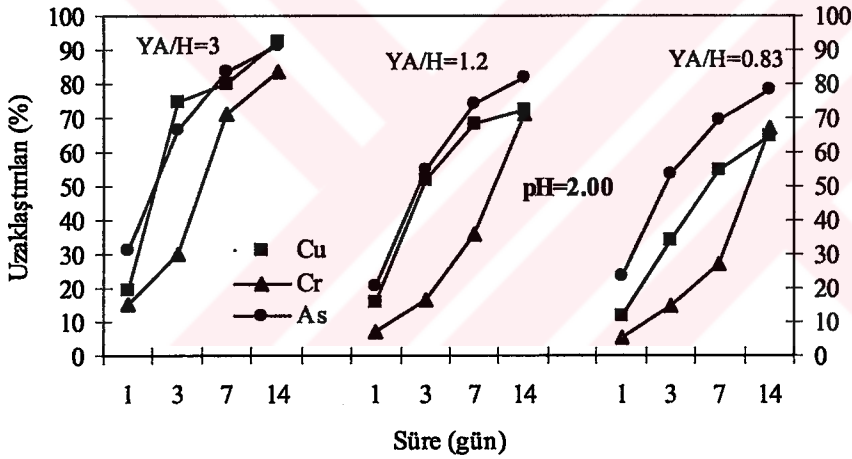
Şekil 103. CCA ile empenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



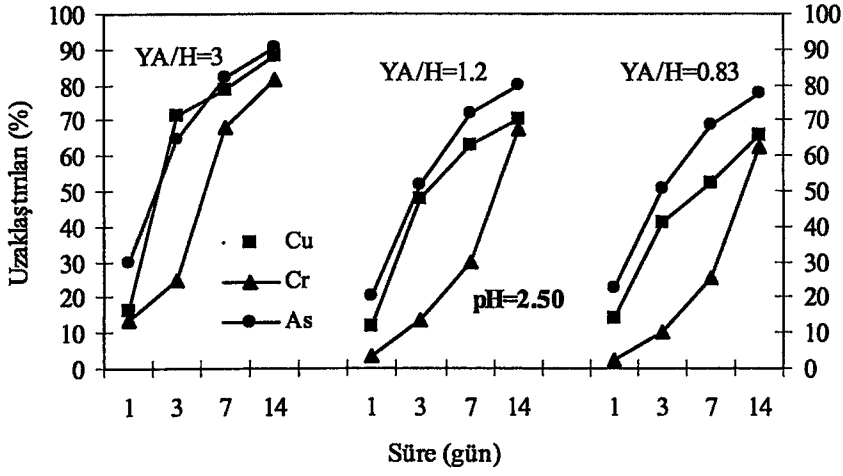
Şekil 104. CCA ile empenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sitrik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2 cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sitrik asidin pH=5 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile empenyeli 2x2x2 cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14.

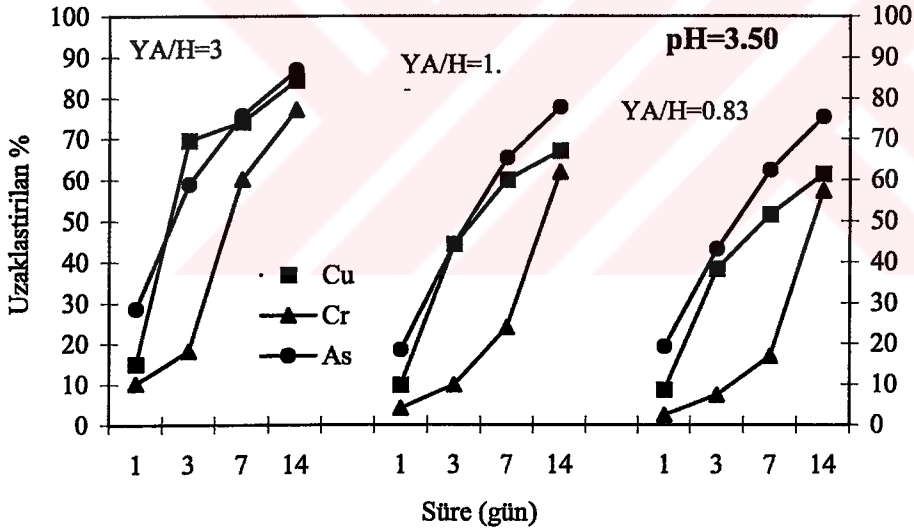
günün sonunda bakırın %82'si, kromun %46'sı ve arseniğin %71'i uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki sitrik asit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5 cm (YA/H=1.2) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %63'ü, kromun %33'ü ve arseniğin %61'i, 5x5x10cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %59'u, kromun %30'u ve arseniğin %58'i uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı artıka CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır. Bu oran küçüldükçe; özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. Buna ilaveten, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı azaldıkça, odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin maksimuma ulaşması için gerekli remidasyon süresi de artmaktadır.



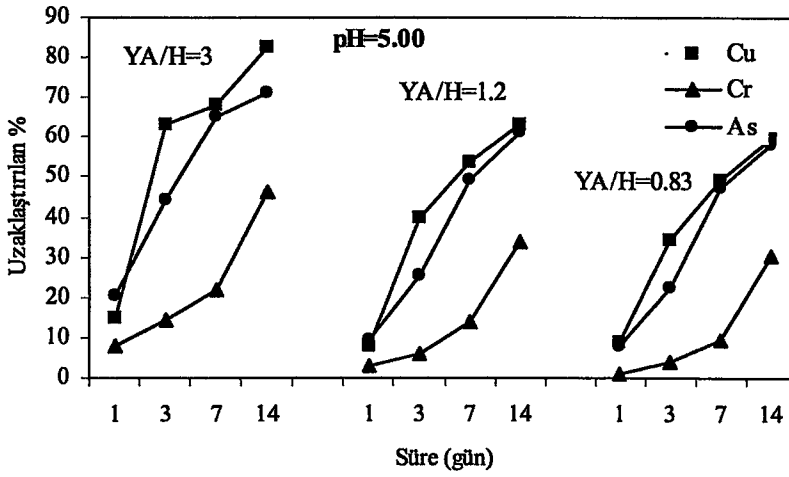
Şekil 105. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=2.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 106. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=2.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 107. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=3.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

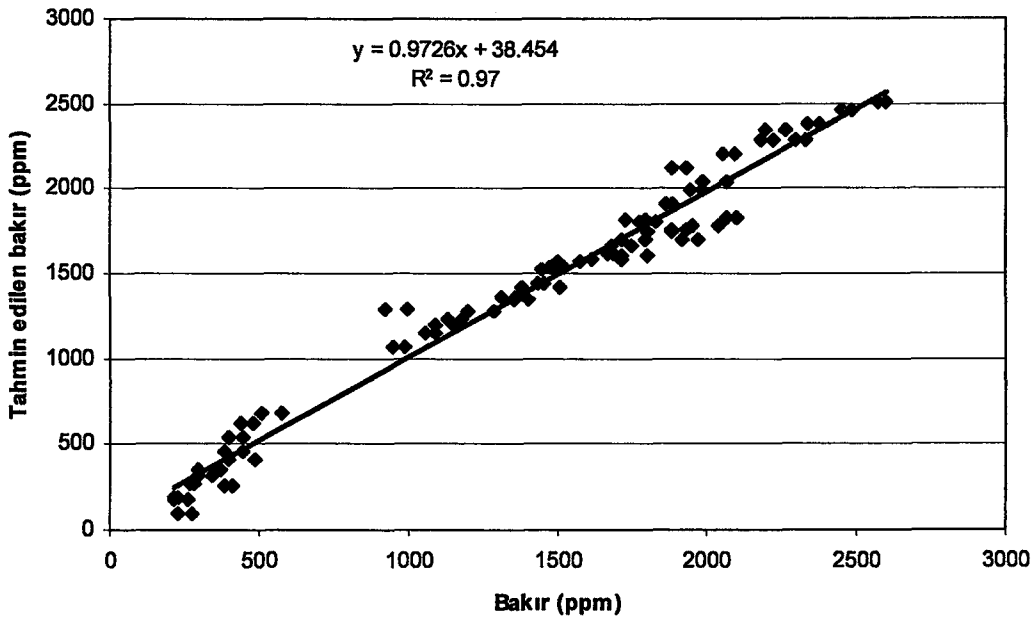


Şekil 108. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sitrik asit (pH=5.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında sitrik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 2530.95 - 1410.41 \text{ BBKKS} + 1072.70 \text{ LOGB} - 556.85 \text{ LOGPH} - 655.53 \text{ BBS}$$

Bu modele göre sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının logaritması ve remidasyon süresi ve remidasyon süresinin kareköküyle doğru orantılı, çözelti pH'sının logaritmasıyla ters orantılı olarak artmaktadır. Sitrik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı azalırken, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 109) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %3'lük ( $r^2=0.97$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

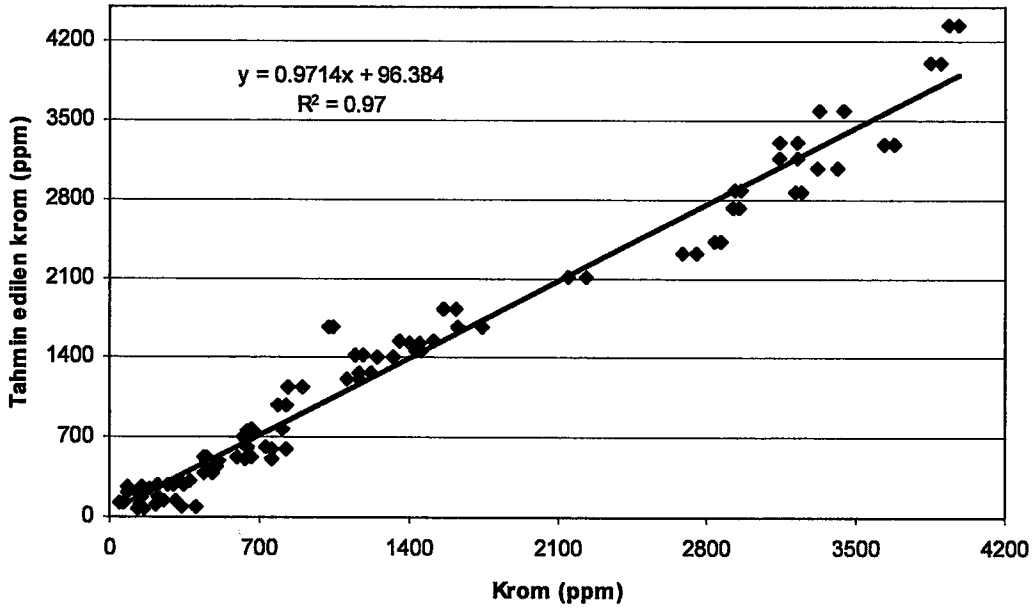


Şekil 109. Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında sitrik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -689 + 331.96S - 39.52PHXS + 550.08B - 3.04BXS + 3.05PH2XB2$$

Bu modele göre sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranıyla ve remidasyon süresiyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Sitrik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı azalırken, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 110) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %3'lük ( $r^2=0.97$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

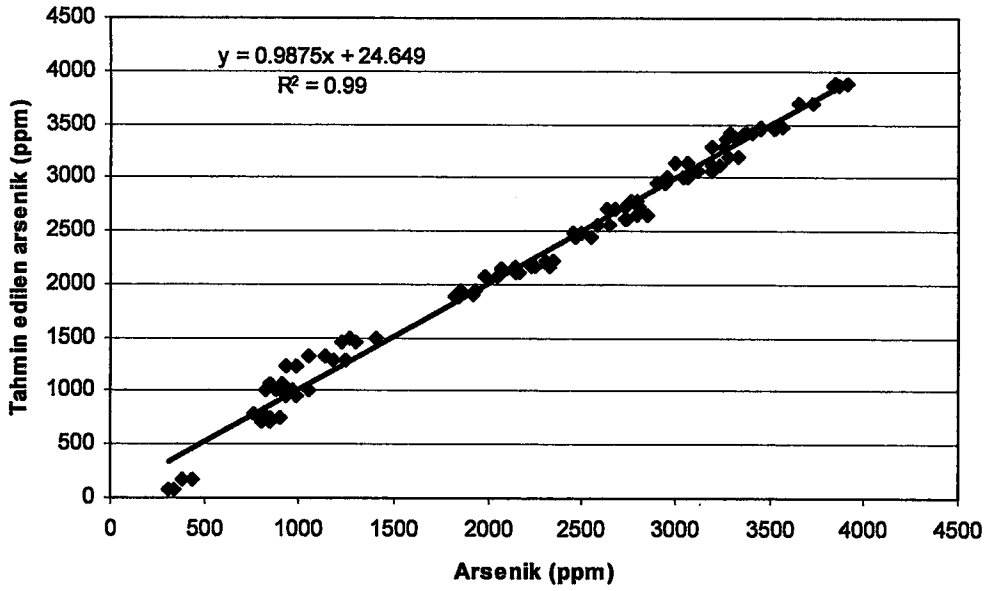


Şekil 110. Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında sitrik asit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 4896.09 - 5378.25 \text{ BBKKS} + 41.89\text{PHKARE} + 65.96\text{B2} + 1625.79\text{BBS}$$

Bu modele göre sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının karesiyle ve remidasyon süresi ve remidasyon süresinin kareköküyle doğru orantılı olarak, sitrik asit çözeltisi pH'sının karesiyle ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Sitrik asit çözeltisi pH'sının artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı azalırken, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 111) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %1'lik ( $r^2=\%99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 111. Sitrik asit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

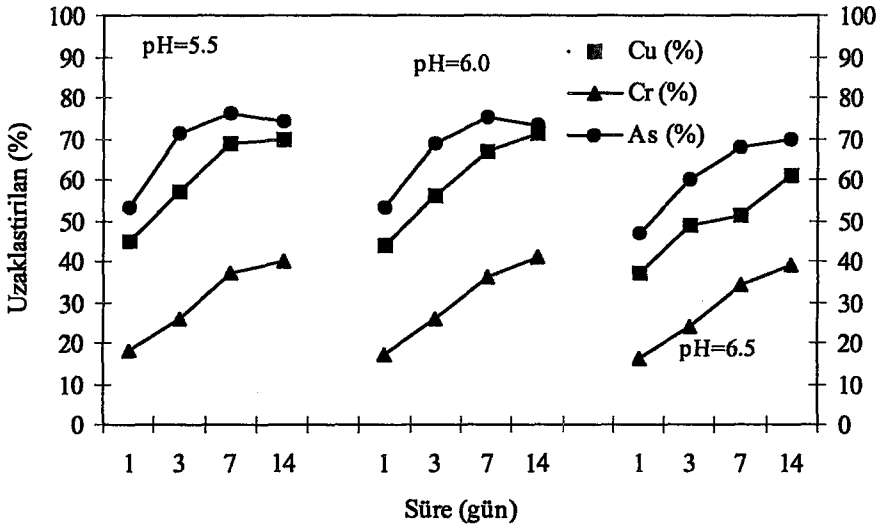
#### 4.4.6. Amonyum Sülfat

CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri 3 farklı pH'da hazırlanan amonyum sülfat ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan amonyum sülfat çözeltisinin pH'sının (Şekil 112-114), remidasyon süresinin (Şekil 112-114) ve örnek boyutunun (Şekil 115-117) etkileri araştırılmıştır.

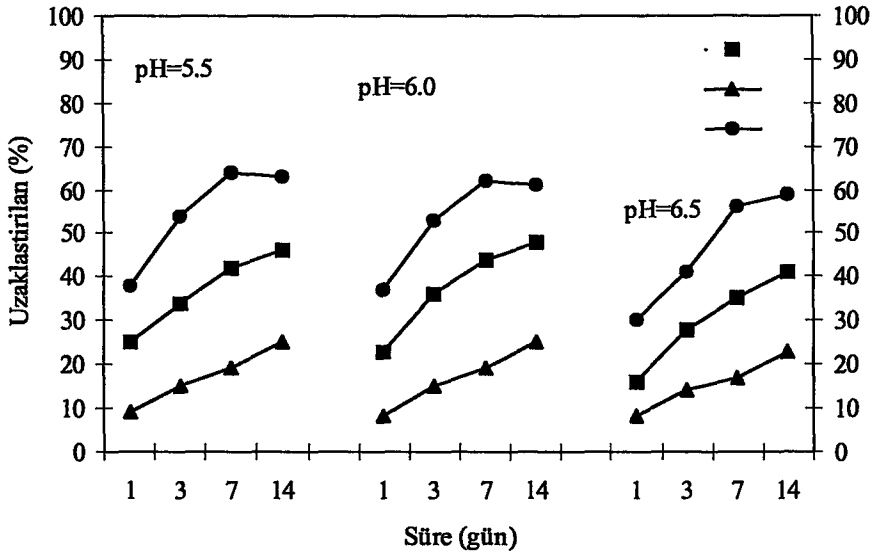
Amonyum sülfatın pH=5.50 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %70'i, kromun %40'ı ve arseniğin %74'ü uzaklaştırılmışken, amonyum sülfat çözeltisinin pH'sı 6.00'ya ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %71'i, kromun %41'i ve arseniğin %73'ü, pH=6.50 seviyesine ayarlanan amonyum sülfat çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %61'i, kromun %39'u ve arseniğin %70'i uzaklaştırılabilmiştir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına amonyum sülfat çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, amonyum



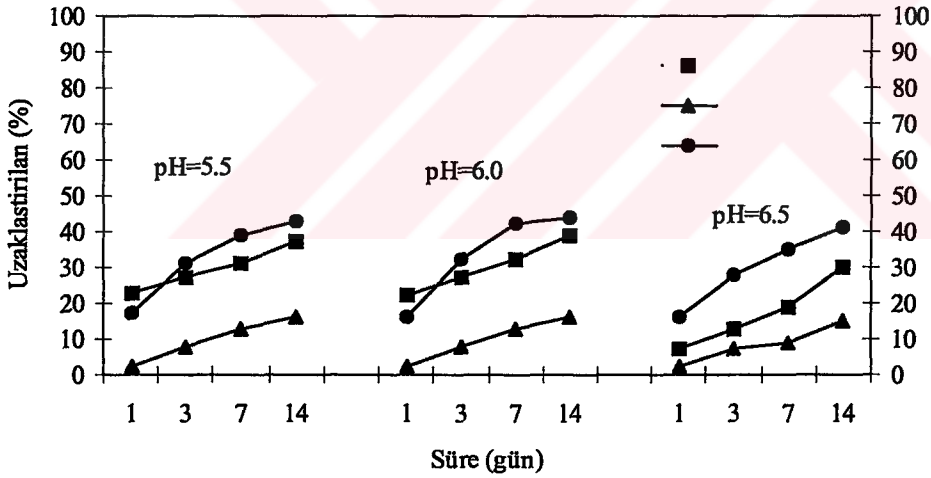
sülfat çözeltisi pH'sının CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom ve arsenik üzerine herhangi bir etkisi olmadığı, düşük pH (5.50 ve 6.00) seviyelerinde, pH=6.50 seviyesinde hazırlanan amonyum çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan örneklerden uzaklaştırılan bakıra oranla, bakırın biraz daha fazla uzaklaştırıldığı tespit edilmiştir. Genel olarak, amonyum sülfat çözeltisi bakır ve arseniğinin uzaklaştırılmasında etkili olurken, kromu uzaklaştırmada oldukça etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın kroma oranla daha kolay uzaklaştırıldığı görülmektedir. Amonyum sülfat çözeltisiyle CCA ile emprenyeli odun örneklerinin remidasyona maruz bırakılması sırasında bakır ile reaksiyona girerek suda daha kolay çözünen bakır sülfat gibi bileşiklere dönüşmesiyle, odun örneklerinden bakırın yıkayıp uzaklaştığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu reaksiyonlar sırasında remidasyon çözeltisinin pH'sı 3.00-3.50 seviyelerine kadar düşmesiyle odun bileşenlerinin degradasyona uğramasına neden olmakta ve bu sayede odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır ve arseniğin uzaklaşması daha kolaylaşmaktadır. Bu durum özellikle pH'sı 5.5 seviyesinde ayarlanan amonyum sülfat çözeltisiyle CCA ile emprenyeli odun örneklerinin remidasyona maruz bırakılması esnasında tespit edilmiştir. Remidasyon süresinin etkisi incelendiğinde, bütün pH seviyelerinde odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik 14. günün sonunda ulaşmasına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bölümünün 7. günün sonunda gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 112. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) örneklerden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



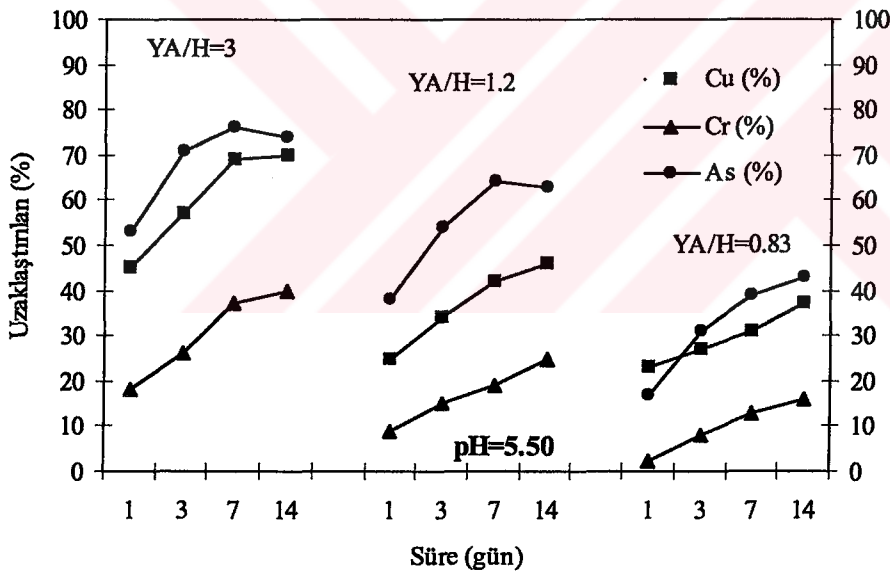
Şekil 113. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



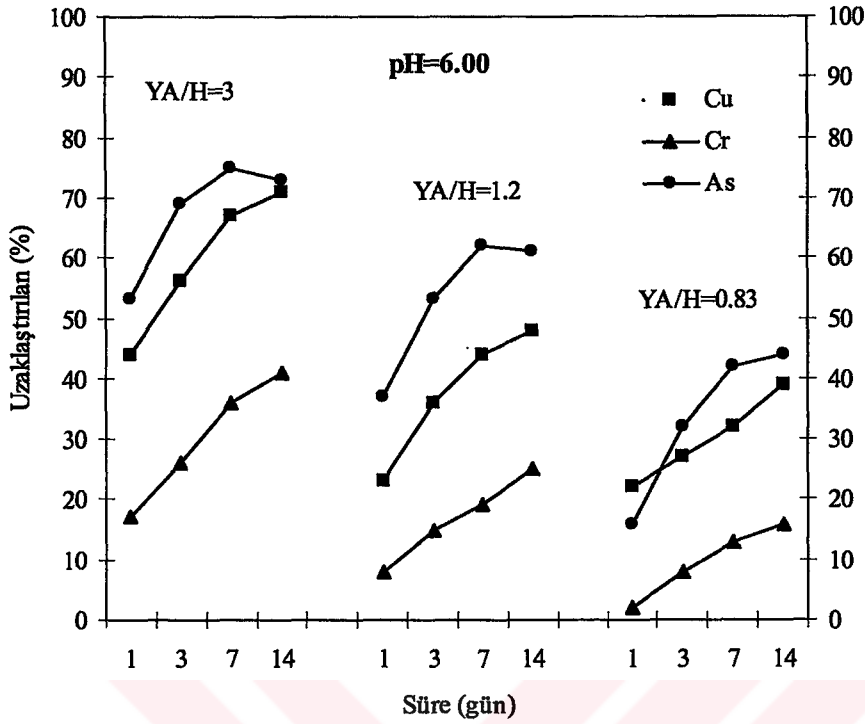
Şekil 114. CCA ile emprenyeli 5x5x10cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden amonyum sülfat yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Monyum sülfatın pH=5.50 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA

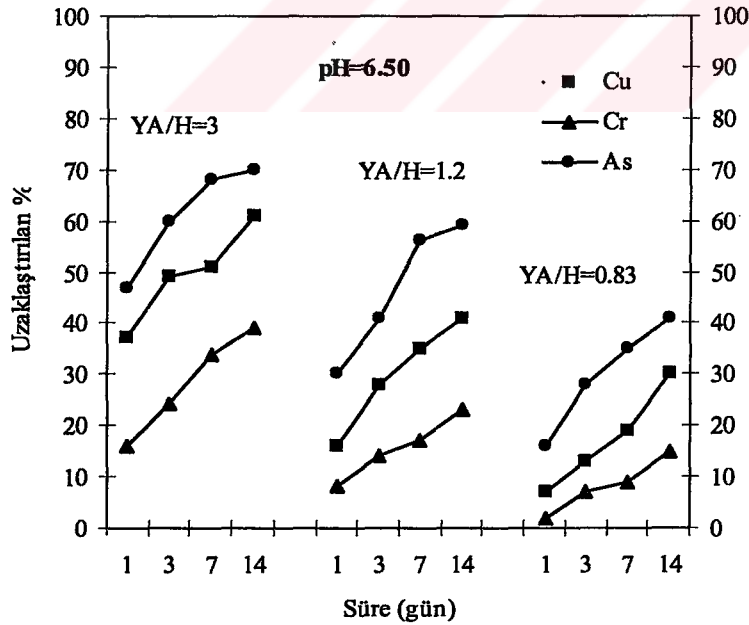
ile emprenyeli 2x2x2cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %70'i, kromun %40'ı ve arseniğin %74'ü uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki amonyum sülfat çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5 cm (YA/H=1.20) boyutunda hazırlanan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %46'sı, kromun %25'i ve arseniğin %63'ü ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %37'si, kromun %16'sı ve arseniğin %43'ü uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır [222,223]. Bu oran küçüldükçe; özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir.



Şekil 115. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat (pH=5.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 116. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat (pH=6.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 117. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden amonyum sülfat (pH=6.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

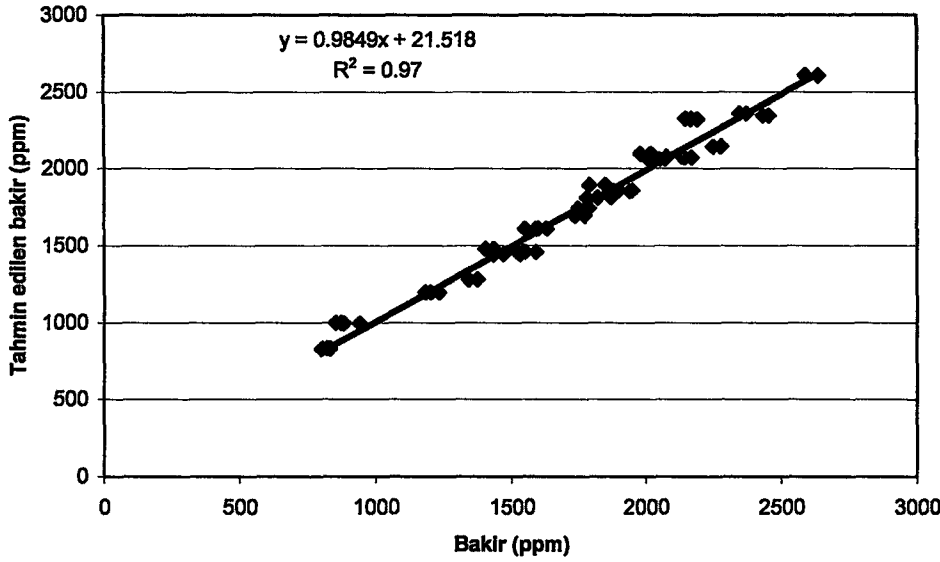
Bu çalışma kapsamında amonyum sülfat ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = -24210.94 + 1547.43\text{LOGB} + 549.61\text{LOGS} - 300.19\text{PHKARE} + 45773.31\text{LOGPH}$$

Bu modele göre amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; remidasyon süresinin logaritmasının tersiyle, odun örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının logaritmasının tersiyle ve çözelti pH'sının logaritmasının tersiyle ters orantılı olarak arttığı görülmektedir. Bir başka ifadeyle, uzaklaştırılan bakırın büyük oranı ilk günlerde gerçekleşmekte ve daha sonra yıkanan bakır miktarı da süreyle birlikte azalmaktadır. Remidasyon süresinin artmasıyla, uzaklaştırılan bakır miktarı süresinin logaritması oranında artmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı bu oranın logaritması ile doru orantılı olarak artmaktadır. Yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Ayrıca, beklenildiği üzere, pH oranı artıkça uzaklaştırılan bakır miktarı da azalmaktadır. Yukarıda belirlen model sayesinde önceden belirlenen örnek boyutu, amonyum sülfat çözeltisi pH'sı ve remidasyon süresinde uzaklaştırılacak bakır miktarı tahmin edilebilmesine imkan sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 118) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %3'lük ( $r^2=0.9739$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

Amonyum sülfat ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 1411.85 + 38.87\text{BXS} - 759.62\text{BBB} - 439.33\text{BBKKS} - 0.429\text{B2XS2}$$



Şekil 118. Amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

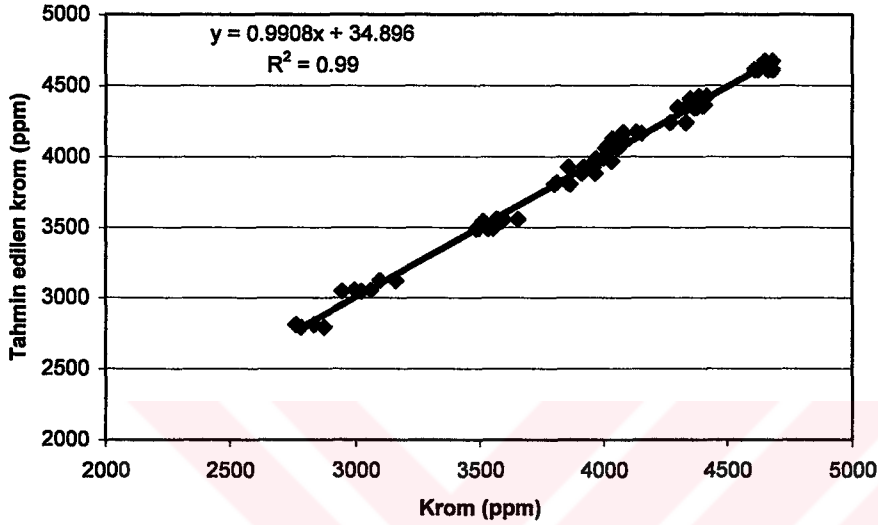
Bu modele göre amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına amonyum sülfat çözeltisi pH'sının fazla etkili olmadığı bu nedenle de modelde yer almadığı görülmektedir. Amonyum sülfat çözeltisiyle kromun uzaklaştırılmasında örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı ve remidasyon süresinin etkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 119) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

Amonyum sülfat ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

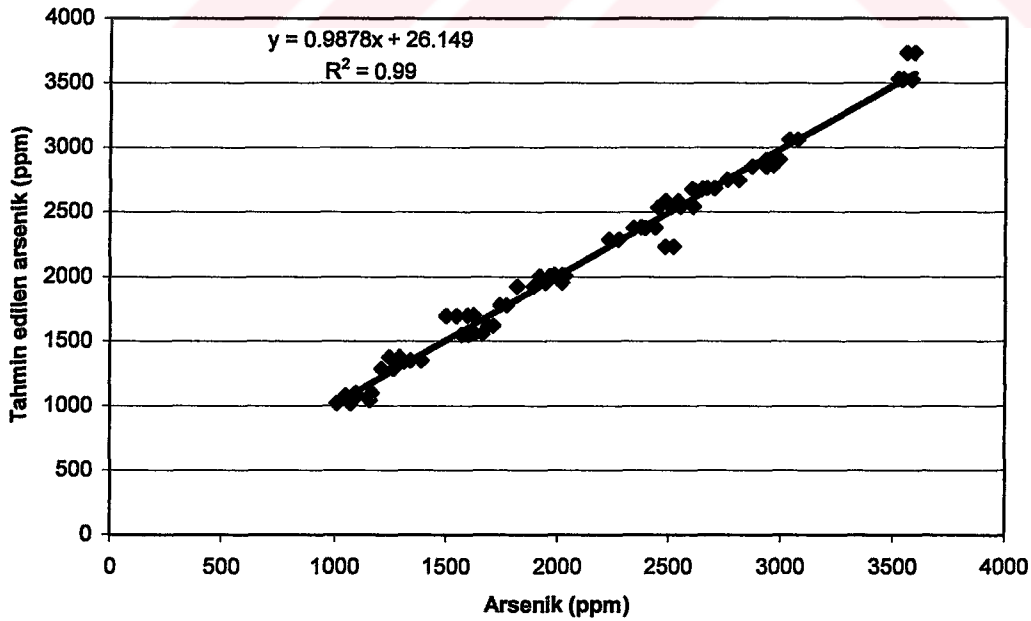
$$\% \text{ Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 6121.18 - 2622.38\text{BBB} - 1481.54\text{BBKKS} - 65.32\text{PHXB} - 12.38\text{PHKARE}$$

Bu modele göre amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı, çözelti pH'sının karesiyle, remidasyon süresinin karekökünün tersiyle ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ters orantılı olarak artmaktadır. Çözelti pH'sının artmasıyla ve örnek yüzey alanının

örnek hacmine oranının azalmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı azalmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 120) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %1'lük ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 119. Amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 120. Amonyum sülfat ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.7. Resorsinol

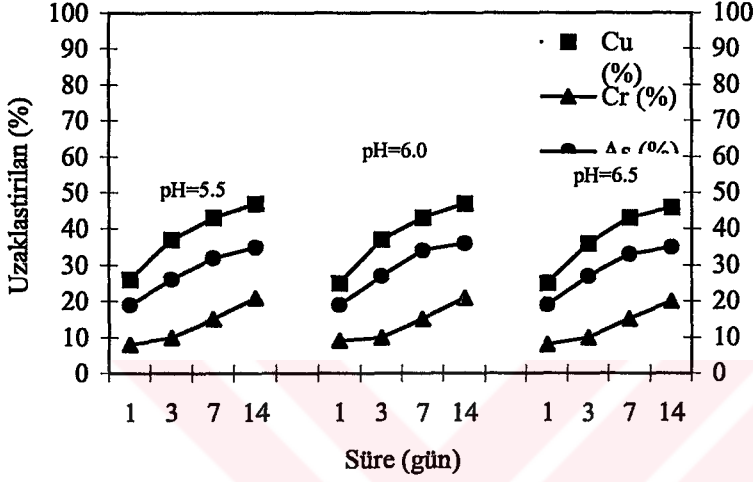
CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri 3 farklı pH'da hazırlanan resorsinol ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına; hazırlanan resorsinol çözeltisinin pH'sının (Şekil 121-123), remidasyon süresinin (Şekil 121-123) ve örnek boyutunun (Şekil 124-126) etkileri araştırılmıştır.

Resorsinolün pH=5.50 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %47'si, kromun %21'i ve arseniğin %35'i uzaklaştırılmışken, resorsinol çözeltisinin pH'sı 6.00'ya ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %47'si, kromun %21'i ve arseniğin %36'sı, pH=6.50 seviyesine ayarlanan resorsinol çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %46'sı, kromun %20'si ve arseniğin %35'i uzaklaştırılabilmiştir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına resorsinol çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, resorsinol çözeltisi pH'sının CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik üzerine herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Genel olarak, resorsinol çözeltisi bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında fazlaca etkili olmadığı belirlenmiştir. Diğer yandan, bütün pH seviyelerinde arsenik ve bakırın kroma oranla daha yüksek oranlarda uzaklaştırıldığı görülmektedir. Resorsinol daha önceki yapılan çalışmalarda tutkallara birleştirici katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre odun ile tutkal arasında fizikokimyasal bağ oluşturarak, yapışma direncini arttırdığı belirtilmiştir. Özellikle atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinden odun kompozitleri üretimi sırasında,  $Cr^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$  ve  $As^{+3}$  metal iyonlarının odunla tutkal arasında fiziksel olarak bulunmasından ve tutkalın sertleşmesini hızlandırmasından dolayı meydana gelen düşük yapışma direncini iyileştirdiği ve yüksek yapışma direncine sahip kompozit malzemelerin üretilebilmesine imkan verdiği bildirilmiştir [119-122]. Ancak bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki, resorsinol ile metal iyonları arasındaki reaksiyonlar sonucu oluşan yeni ürünlerin, komplekslerin çözünürlüğü olduğu düşünülmekte ve bu nedenle resorsinol sarıçam odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğinin uzaklaştırılmasında fazla etkili olamamıştır. Ayrıca, hazırlanan resorsinol çözeltilerinin pH seviyeleri nötr yakın olması ve bu pH seviyelerinde bakır,

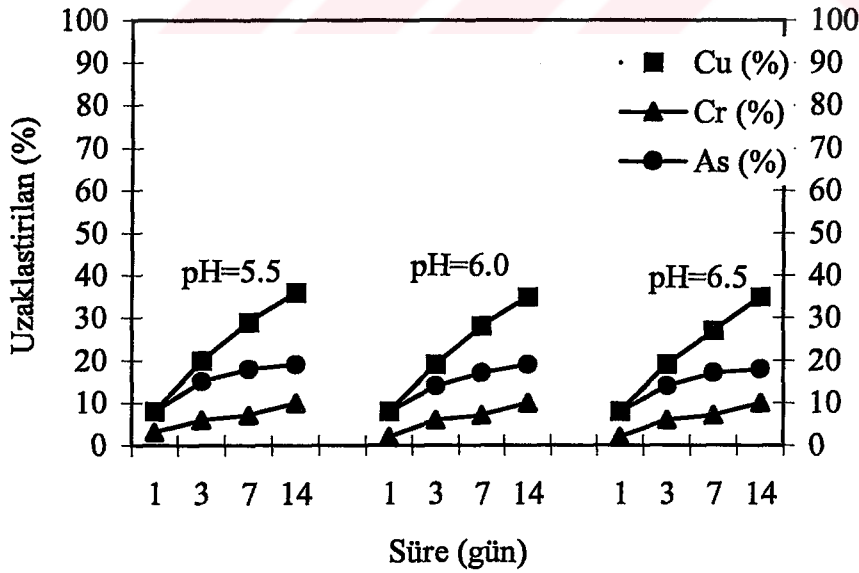


krom ve arseniğin uzaklaştırılması asidik ve alkali ortamlardakine oranla daha düşük olduğu bir çok araştırmacı tarafından da daha önce bildirilmiştir [44,50,117].

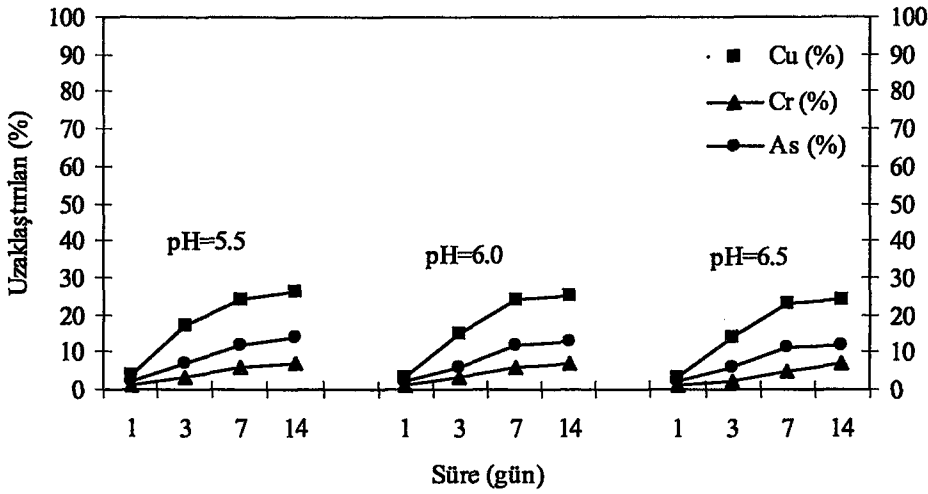
Remidasyon süresinin etkisi incelendiğinde, bütün pH seviyelerinde odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik 14. günün sonunda maksimum seviyelere ulaşmasına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bölümünün 7. günün sonunda gerçekleştiği belirlenmiştir.



Şekil 121. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



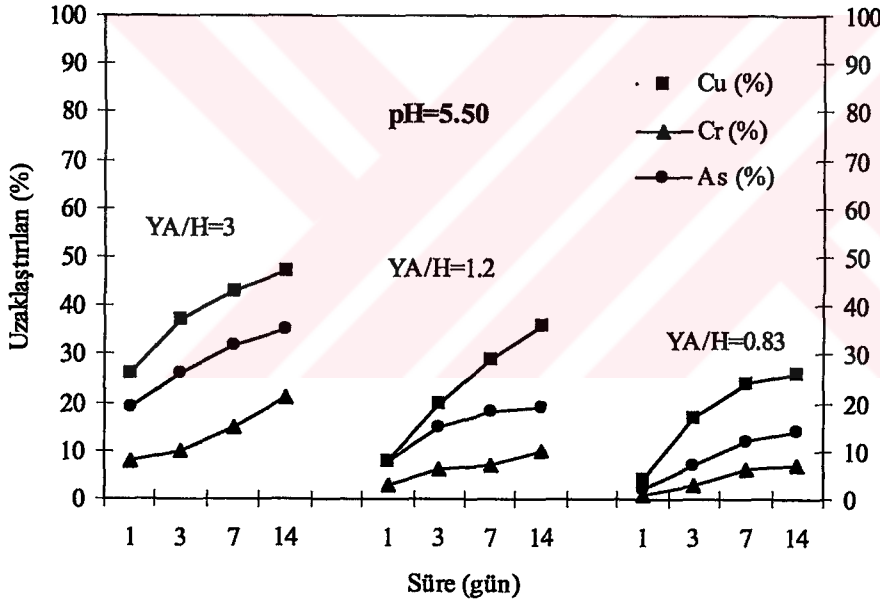
Şekil 122. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



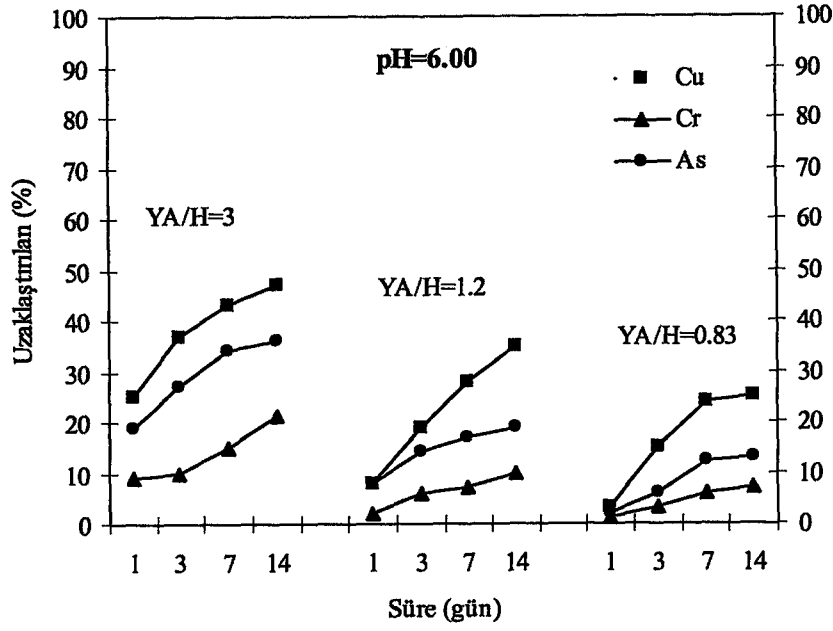
Şekil 123. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden resorsinol yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. resorsinolün pH=5.50 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %47'si, kromun %21'i ve arseniğin %35'i uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki resorsinol çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5 cm (YA/H=1.20) boyutunda hazırlanan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %36'sı, kromun %10'u ve arseniğin %19'u ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %26'sı, kromun %7'si ve arseniğin %14'ü uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır. Bu oran küçüldükçe; bakır, krom ve arseniğin odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. Burada, özellikle 5x5x5 cm (YA/H=1.20) ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları birbirlerine oldukça

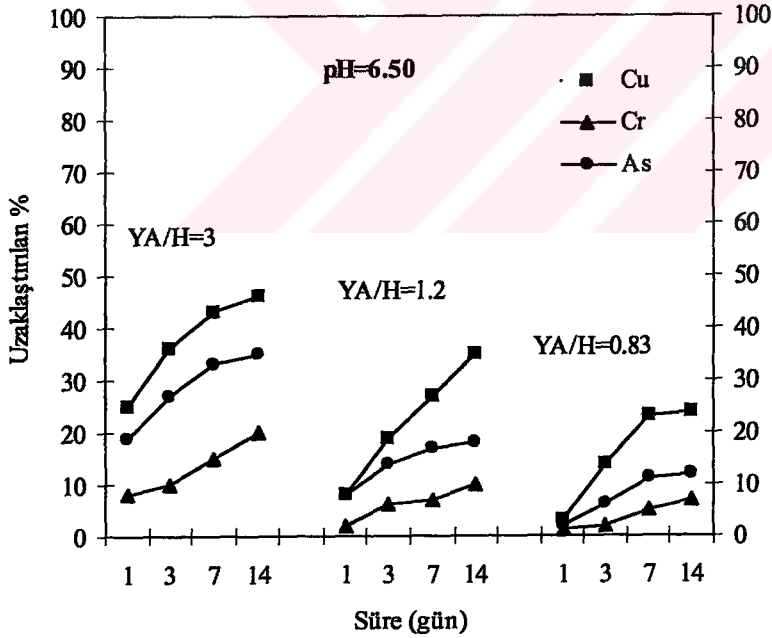
yakındır. Buradan da açıkça görüldüğü üzere, örnek boyutu büyüdükçe veya örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı küçüldükçe resorsinolün bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmada etkinliğinin oldukça az olduğu tespit edilmiştir. Bu boyutta hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının sadece odun örneklerinin yüzeyindeki yıkanması kolay veya tam olarak fiske olmamış bakır, krom ve arseniğin yıkanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Resorsinol ile odun örneklerinde fiske olan bakır, krom ve arsenikle herhangi bir kimyasal reaksiyonun gerçekleşmediği veya gerçekleşmiş olsa bile bu reaksiyon sonunda oluşan resorsinol-bakır, resorsinol-krom ve resorsinol-arsenik komplekslerinin çözünürlüğünün düşük olduğu düşünülmekte, dolayısıyla odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının oldukça düşük gerçekleştiği sanılmaktadır.



Şekil 124. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol (pH=5.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 125. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol (pH=6.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



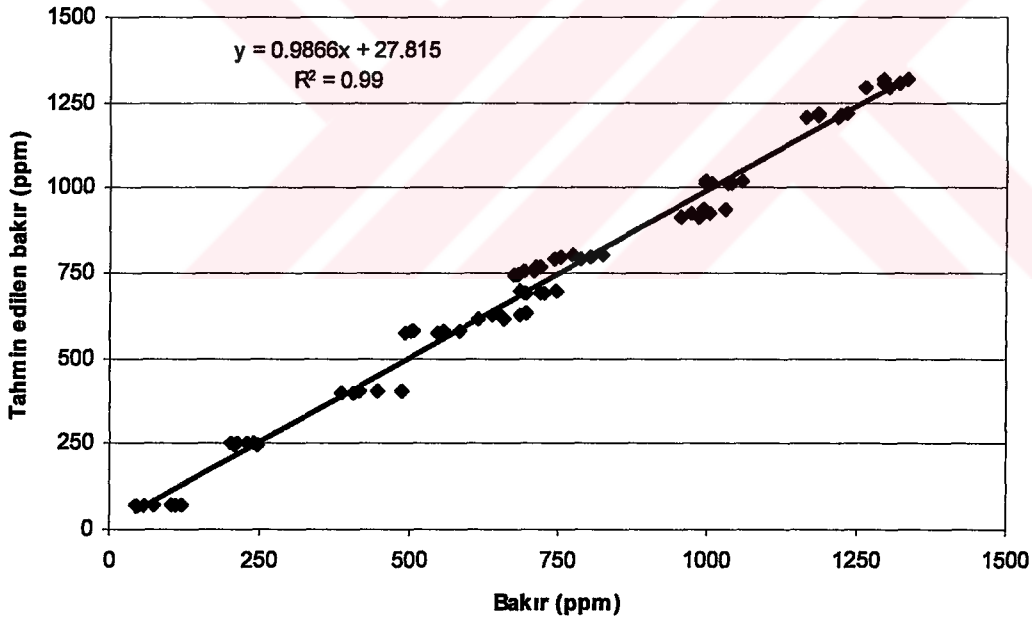
Şekil 126. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden resorsinol (pH=6.50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında resorsinol ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden

faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 171.27 - 4.44\text{BXS} + 1173.61\text{LOGB} + 662.61\text{LOGS}$$

Bu modele göre resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının karekökü ve remidasyon süresinin logaritmasıyla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Resorsinol çözeltisi pH'sının bakırı uzaklaştırmada etkin olmadığı ve bu nedenle de modelde yer almadığı belirlenmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 127) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



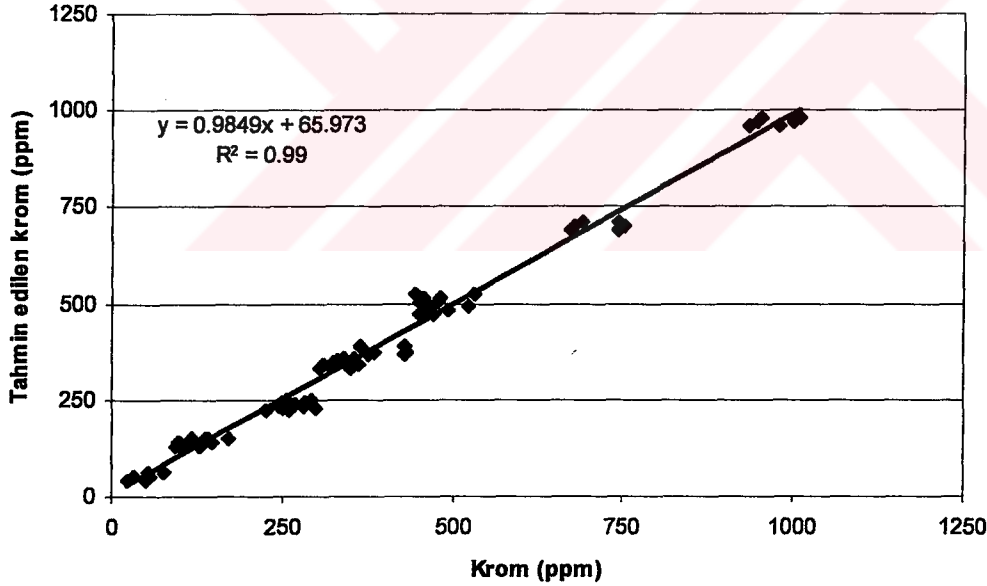
Şekil 127. Resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında resorsinol ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden

faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 673.04 + 11.03\text{BXS} - 581.45\text{BBKKB} + 147.02\text{LOGS}$$

Bu modele göre resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının karekökü ve remidasyon süresinin logaritmasıyla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Resorsinol çözeltisi pH'sının kromu uzaklaştırmada etkin olmadığı ve bu nedenle de modelde yer almadığı belirlenmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 128) ve belirlenen bu model ile uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



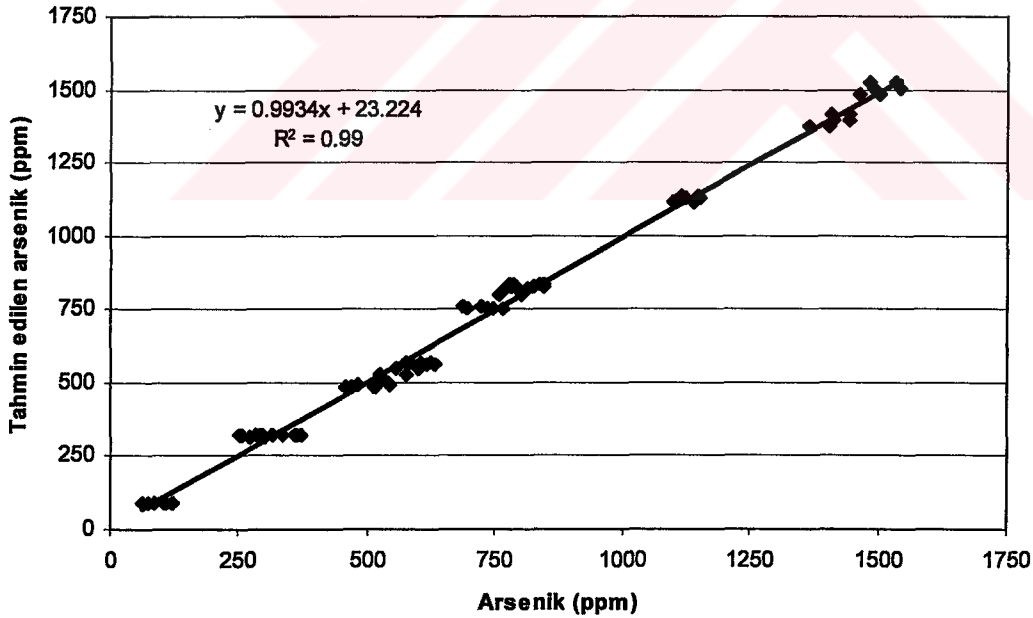
Şekil 128. Resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında resorsinol ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden

faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 778.78 + 1390.37\text{LOGB} - 594.84\text{BBKKS} + 5.65\text{BXS}$$

Bu modele göre resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının logaritmasıyla ve remidasyon süresinin kareköküyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Resorsinol çözeltisi pH'sının arseniği uzaklaştırmada etkin olmadığı ve bu nedenle de modelde yer almadığı belirlenmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan arsenik miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 129) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %1'lik ( $r^2=\%99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 129. Resorsinol ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.8. Hümik asit sodyum tuzu

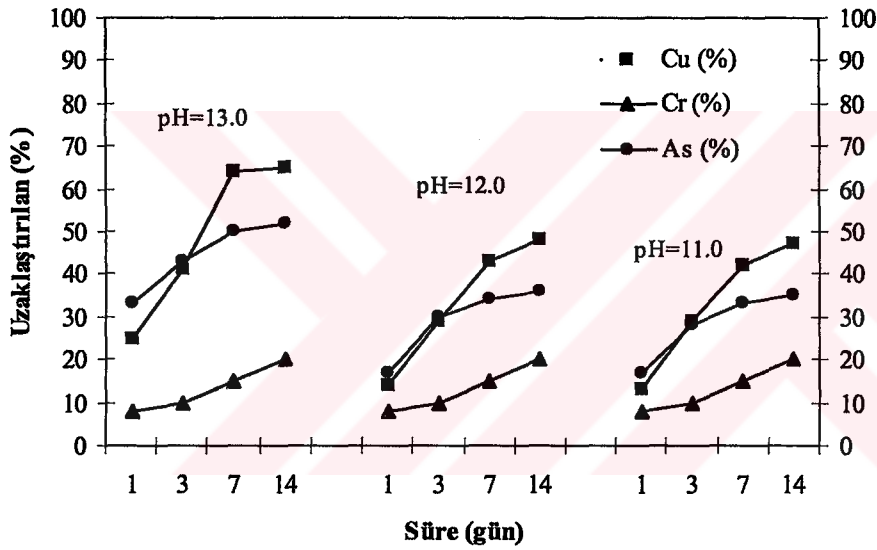
CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri 3 farklı pH'da hazırlanan sodyum hidroksit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan sodyum hidroksit çözeltisi pH'sının (Şekil 130-132), remidasyon süresinin (Şekil 130-132) ve örnek boyutunun (Şekil 133-135) etkileri araştırılmıştır.

Hümik asit sodyum tuzunun pH=13.00 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %65'i, kromun %20'si ve arseniğin %52'si uzaklaştırılmışken, hümik asit sodyum tuzu çözeltisinin pH'sı 12.00'ye ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %48'i, kromun %20'si ve arseniğin %36'sı, pH=11.00 seviyesine ayarlanan hümik asit sodyum tuzu çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %47'si, kromun %20'si ve arseniğin %35'i uzaklaştırılabilmektedir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümik asit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına hümik asit sodyum tuzu çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, hümik asit sodyum tuzu çözeltisi pH'sının CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır ve arsenik üzerine etkili olduğu görülürken, kromun uzaklaştırılmasında herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Hümik asit sodyum tuzu çözeltisinin pH'sı 13 seviyesinde hazırlandığında uzaklaştırılan bakır ve arsenik miktarları, pH'sı 11 ve 12 seviyelerinde hazırlanan hümik asit sodyum tuzu çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, pH'sı 11 ve 12 seviyelerinde hazırlanan hümik asit sodyum tuzu çözeltisiyle remidasyona bırakılan odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır ve arsenik oranlarında herhangi bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bütün pH seviyelerinde uzaklaştırılan krom miktarları aynı oranda gerçekleşmiştir. Diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda güçlü alkali ortamlarda emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğinin yıkanmaya karşı hassas duruma geldikleri ve büyük oranlarda odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırıldığı bildirilmiştir [44]. Yapılan bir çalışmada, bakırın hümik asit ile

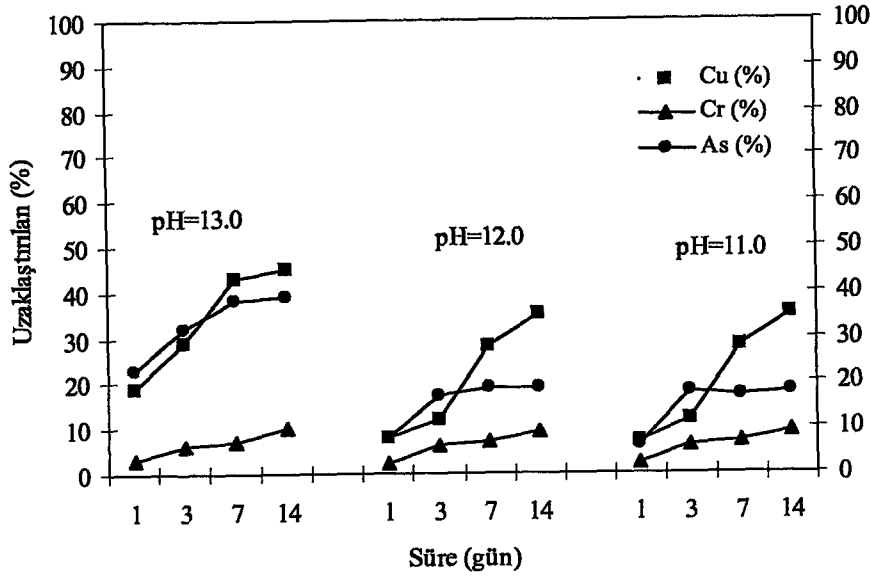


kompleksler oluşturduğu ve bu komplekslerin kolayca suda çözünebildiğini bildirmişlerdir [50].

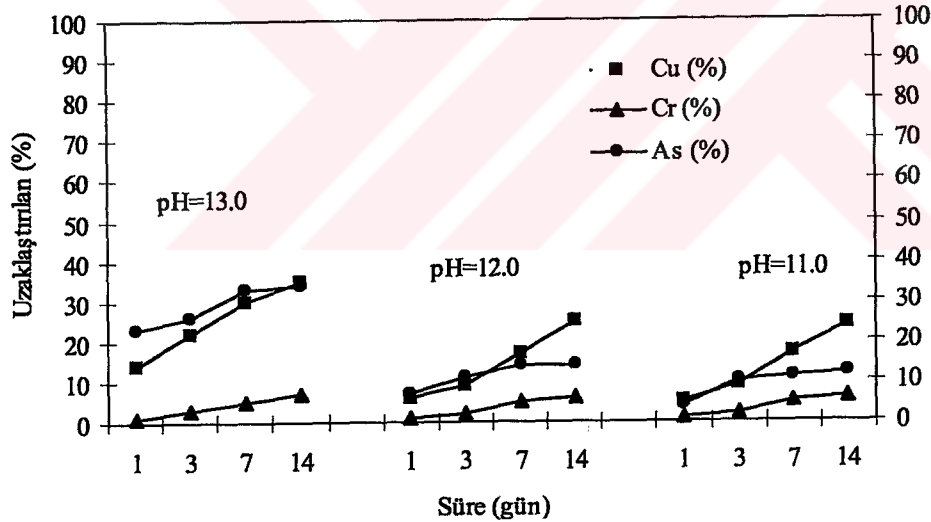
Remidasyon süresinin etkisi incelendiğinde, bütün pH seviyelerinde odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik 14. günün sonunda maksimuma ulaşmasına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bölümünün 7. günün sonunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Humik asit sodyum tuzu çözeltileriyle remidasyona maruz bırakılan farklı üç boyutta hazırlanan odun örneklerinden ilk günün sonunda en fazla arsenik uzaklaştırılırken, uzaklaştırılan krom miktarları, bakır ve arseniğe oranla daha düşük gerçekleşmiştir.



Şekil 130. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden humik asit sodyum tuzu yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



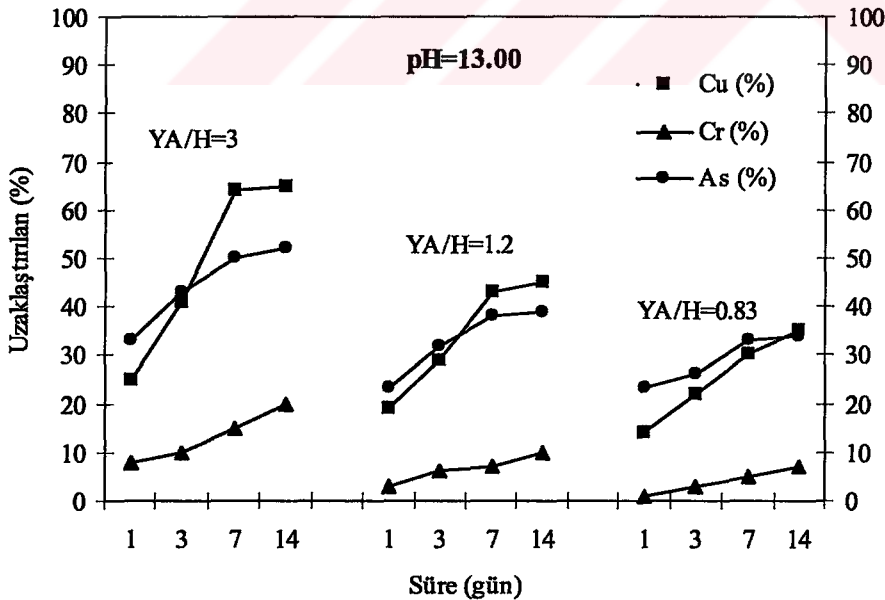
Şekil 131. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden hümkik asit sodyum tuzu yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



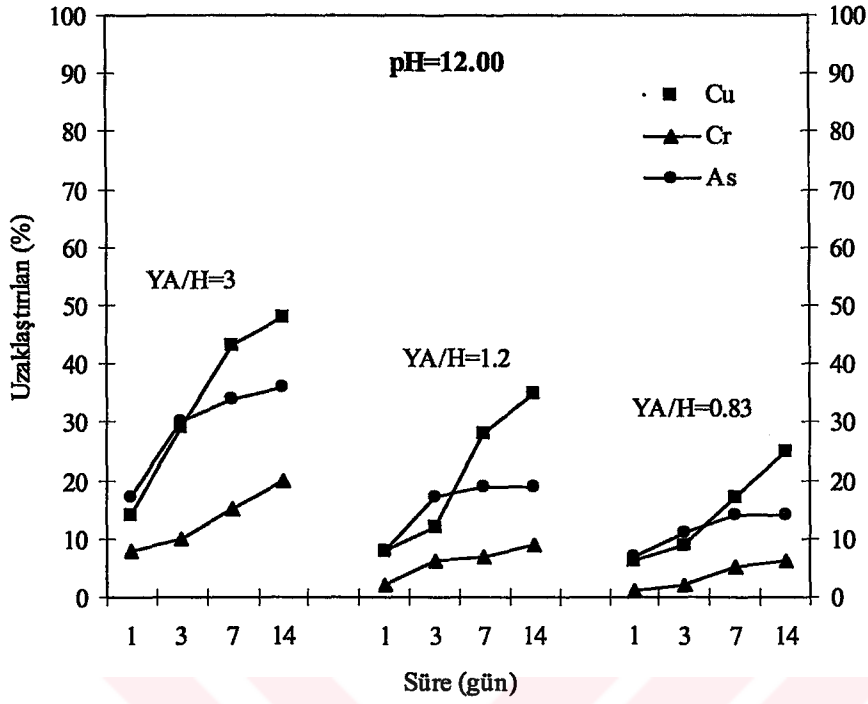
Şekil 132. CCA ile emprenyeli 5x5x10cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden hümkik asit sodyum tuzu yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Hümkik

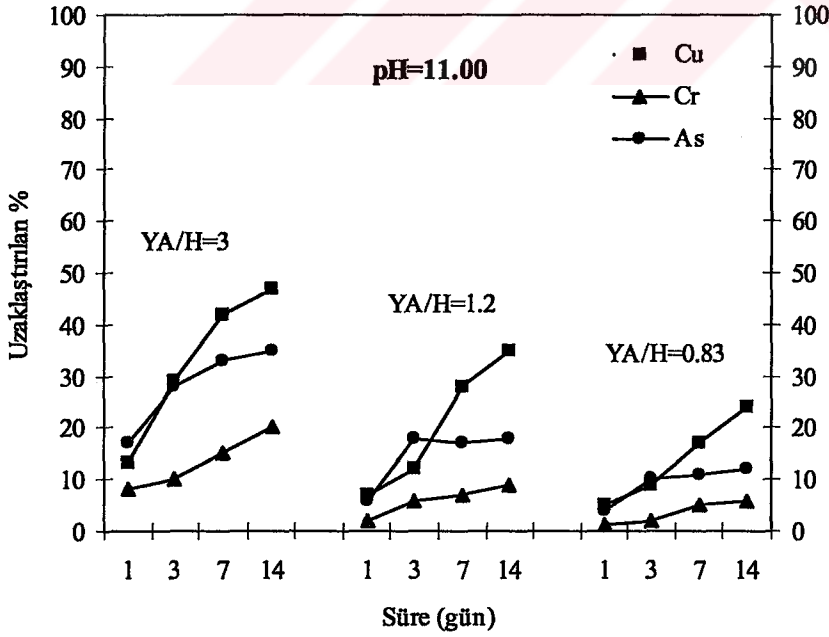
asit sodyum tuzunun pH=13.00 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %65'i, kromun %20'si ve arseniğin %52'si uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki hümik asit sodyum tuzu çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5 cm (YA/H=1.20) boyutunda hazırlanan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %45'i, kromun %10'unu ve arseniğin %39'u ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %35'i, kromun %7'si ve arseniğin %34'ü uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır. Bu oran küçüldükçe; bakır, krom ve arseniğin odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılması en zor olduğu bilinen krom, örnek boyutunun artmasıyla veya örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının azalmasıyla kromun uzaklaştırılması daha da zorlaşmış ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden kromun ancak %7'si uzaklaştırılabilmektedir.



Şekil 133. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümik asit sodyum tuzu (pH=13.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 134. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu (pH=12.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 135. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden hümitik asit sodyum tuzu (pH=11.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya konmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 47764.32 + 5.94\text{PHXBXS} - 0.99 \text{ B2XS2} + 90.20\text{PHKARE} - 56177.70\text{LOGPH}$$

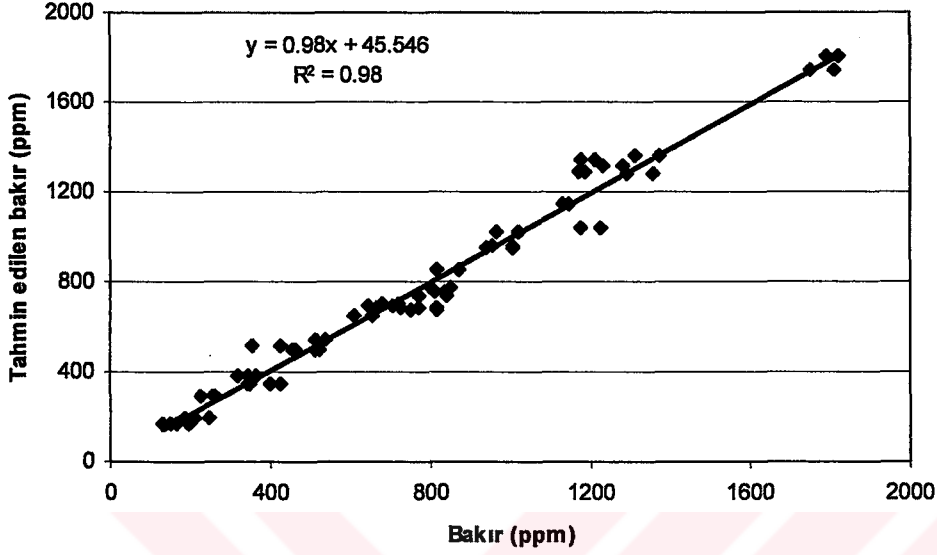
Bu modele göre hümik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; hümik asit sodyum tuzu çözeltisinin pH'sının logaritmasıyla ters orantılı olarak azaldığı, çözelti pH'sının karesiyle artmakta olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ise, hümik asit sodyum tuzu çözeltisinin pH'sı 13 seviyesinde uzaklaştırılan bakır miktarı, pH seviyeleri 11 ve 12'ye ayarlanmış çözeltilerle remidasyona maruz bırakılan odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır oranlarına daha fazla olması ve bunun yanında pH 11 ve 12 seviyelerinde uzaklaştırılan bakır miktarlarının yaklaşık olarak aynı gerçekleşmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek boyutuna oranının karesiyle remidasyon süresinin çarpımıyla uzaklaştırılan bakır oranı azalmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 136) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %2'lik ( $r^2=0.98$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regrasyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya konmuştur.

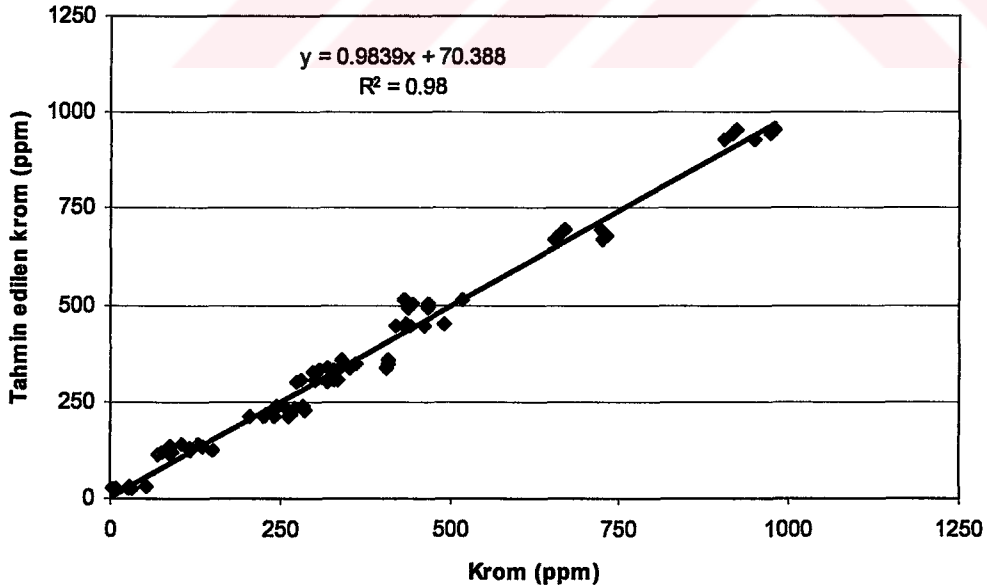
$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 577.58 + 11.55\text{BXS} - 449.03\text{BBKKB}$$

Bu modele göre hümik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; çözelti pH'sından bağımsız olarak örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının kareköküyle ters orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 137) ve belirlenen model

sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %2'lik ( $r^2=0.98$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 136. Hüyük asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

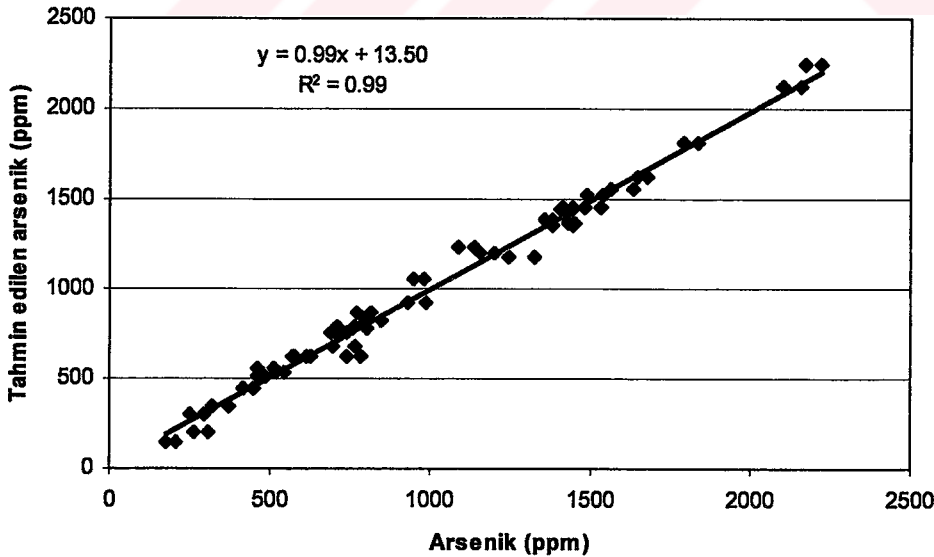


Şekil 137. Hüyük asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Hümik asit sodyum tuzu ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya konmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 43516.81 + 330.84\text{PHKARE} - 768.88\text{BBKKS} - 7545.37\text{PH} - 0.51\text{PH}^2\text{B}^2 + 2.645\text{PHXBXS} - 34.26\text{S} - 0.37\text{B}^2\text{XS}^2 + 503.82\text{B}$$

Bu modele göre hümik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; hümik asit sodyum tuzu çözeltisi pH'sının artmasıyla olarak azaldığı, çözelti pH'sının karesiyle artmakta olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ise, hümik asit sodyum tuzu çözeltisinin pH'sı 13 seviyesinde uzaklaştırılan arsenik miktarı, bakırda da olduğu gibi, pH seviyeleri 11 ve 12'ye ayarlanmış çözeltilerle remidasyona maruz bırakılan odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik oranlarına daha fazla olması ve bunun yanında pH 11 ve 12 seviyelerinde uzaklaştırılan arsenik miktarlarının yaklaşık olarak aynı gerçekleşmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 138) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 138. Hümik asit sodyum tuzu ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.9. Sodyum Hidroksit

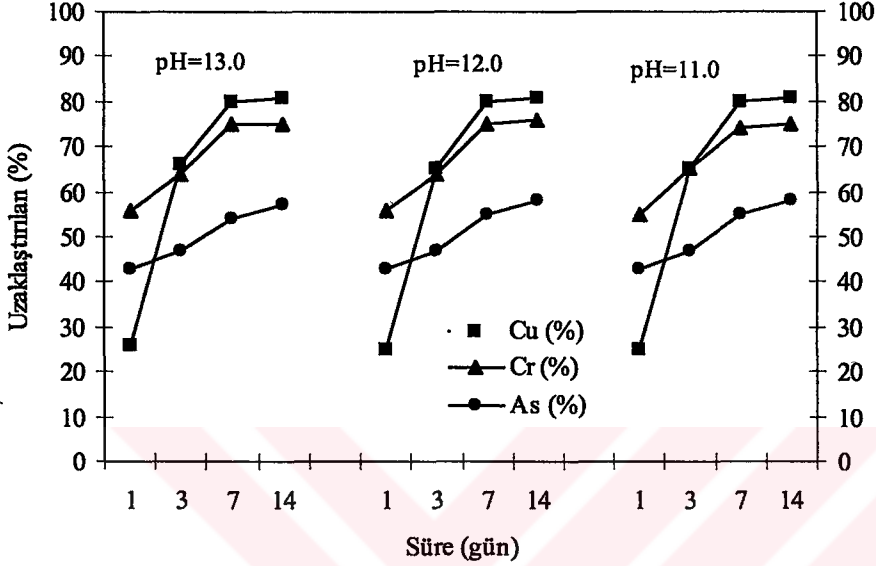
CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri 3 farklı pH'da hazırlanan sodyum hidroksit ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan sodyum hidroksit çözeltisinin pH'sının (Şekil 139-141), remidasyon süresinin (Şekil 139-141) ve örnek boyutunun (Şekil 142-144) etkileri araştırılmıştır.

Sodyum hidroksitin pH=13.00 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %81'i, kromun %75'i ve arseniğin %57'si uzaklaştırılmışken, sodyum hidroksit çözeltisinin pH'sı 12.00'ye ayarlandığında; 14. günün sonunda bakırın %81'i, kromun %76'sı ve arseniğin %58'i, pH=11.00 seviyesine ayarlanan sodyum hidroksit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %81'i, kromun %75'i ve arseniğin %58'i uzaklaştırılabilmektedir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına sodyum hidroksit çözeltisi pH'sının etkisi incelendiğinde, sodyum hidroksit çözeltisi pH'sının CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik üzerine herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Genel olarak, sodyum hidroksit çözeltisi bakır ve kromun uzaklaştırılmasında arseniğinin uzaklaştırılmasına oranla daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda güçlü alkali ortamlarda emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğinin yıkanmaya karşı hassas duruma geldikleri ve büyük oranlarda odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırıldığı bildirilmiştir [44]. Yapılan bir çalışmada, 0.1 N sodyum hidroksit (pH=13) ile odun örnekleri remidasyona maruz bırakılmış ve bakırın %88'i, kromun %65'i, arseniğin %70'i uzaklaştırılmıştır [50].

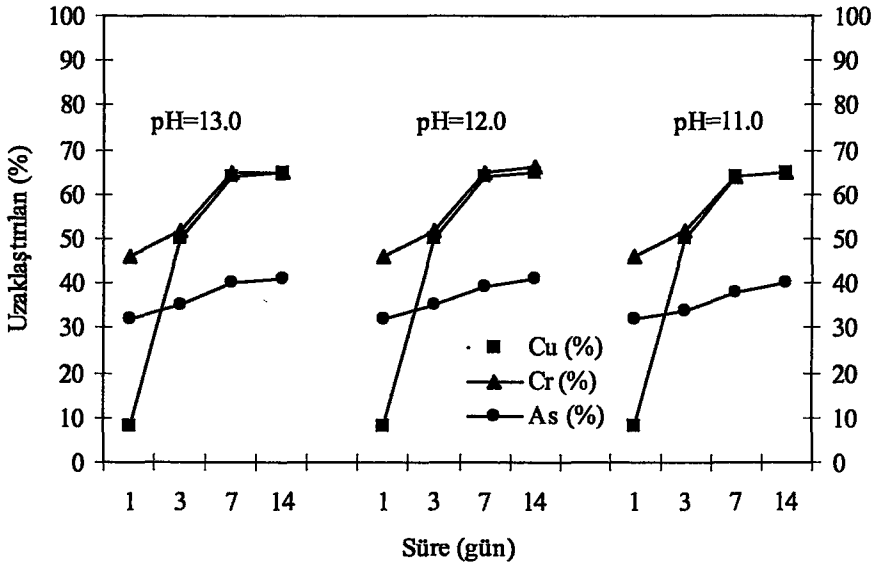
Remidasyon süresinin etkisi incelendiğinde, bütün pH seviyelerinde odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik 14. günün sonunda maksimuma ulaşmasına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bölümünün 3. gün ile 7. günün arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında tespit edilen önemli sonuçlardan birisi de sodyum hidroksit çözeltileriyle remidasyona maruz bırakılan farklı üç boyutta hazırlanan odun örneklerinden ilk günün sonunda en fazla krom uzaklaştırılırken, uzaklaştırılan bakır oranları krom ve arseniğe oranla daha düşük



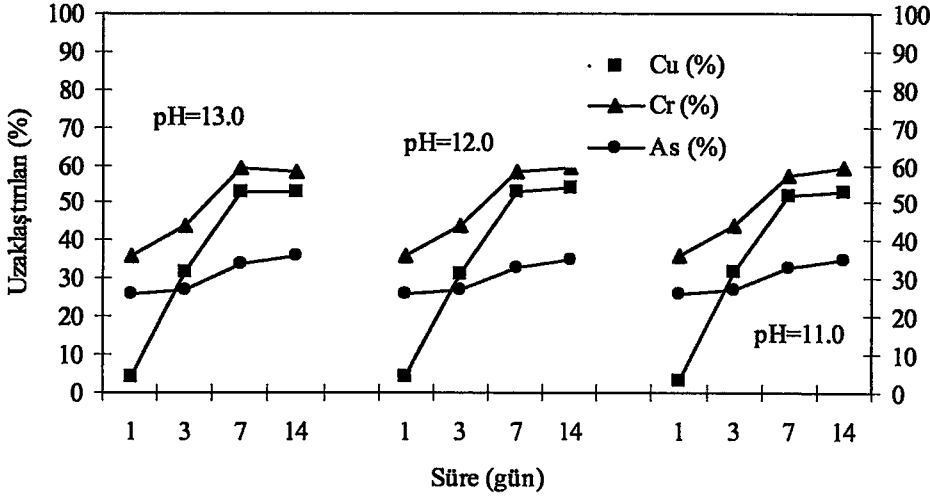
gerçekleşmiştir. Remedasyon süresi boyunca, uzaklaştırılan arsenik oranları yatay seviyelerde seyretmiş veya hafif bir artış gözlemiştir. Remedasyonun üçüncü gününün sonunda ve özellikle yedinci günün sonunda uzaklaştırılan krom ve arsenik oranlarının üzerine çıkmış ve maksimum seviyelere ulaşmıştır.



Şekil 139. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



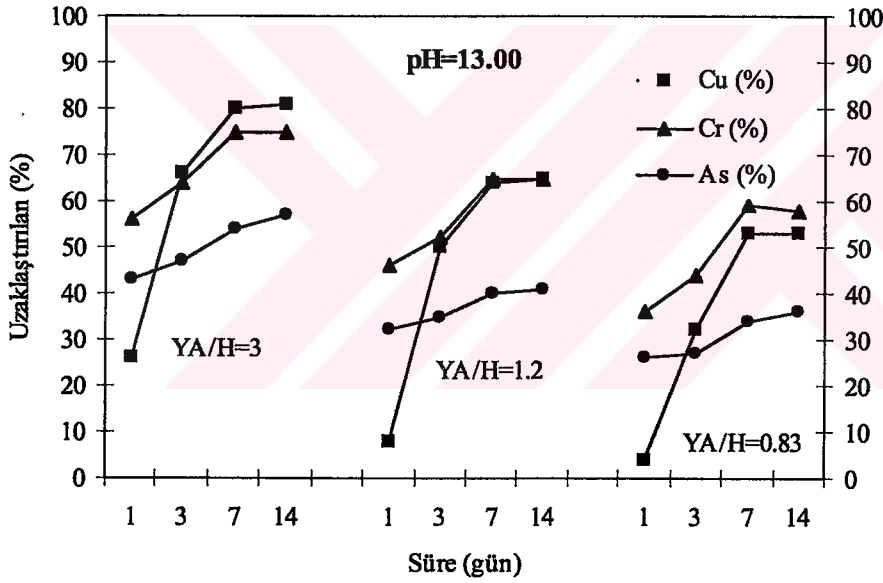
Şekil 140. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları



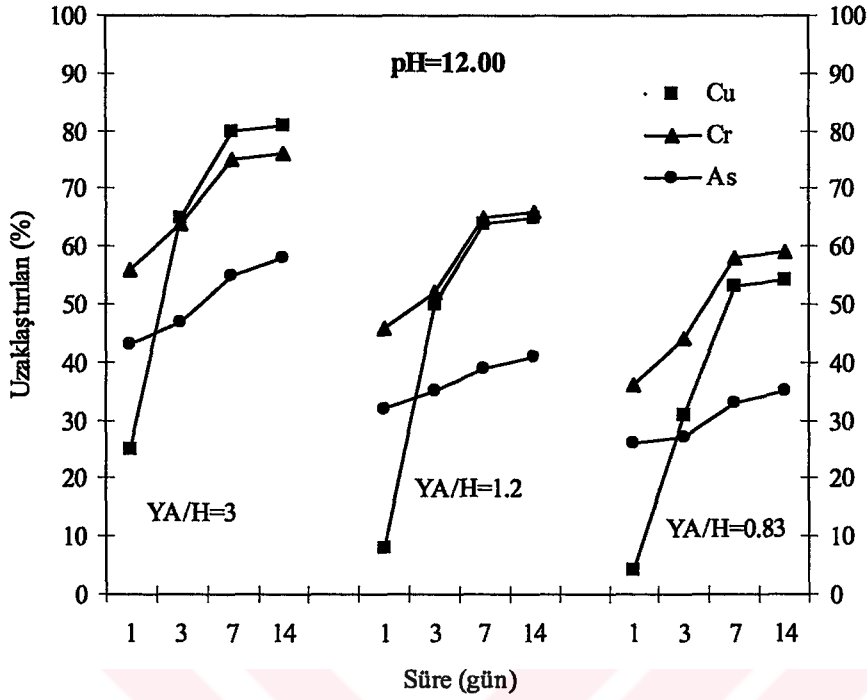
Şekil 141. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, bütün pH seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sodyum hidroksitin pH=13.00 seviyesinde hazırlanan çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 14. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %81'i, kromun %75'i ve arseniğin %57'si uzaklaştırılmışken, aynı pH'daki sodyum hidroksit çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5 cm (YA/H=1.20) boyutunda hazırlanan örneklerden 14. günün sonunda bakırın %65'i, kromun %65'i ve arseniğin %41'i ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 14. günün sonunda bakırın %53'ü, kromun %58'i ve arseniğin %36'sı uzaklaştırılmıştır. Bunun nedeni, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı arttıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları da artmaktadır. Bu oran küçüldükçe; bakır, krom ve arseniğin odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güçleşmektedir. CCA ile emprenyeli odun örneklerinden uzaklaştırılması en zor olduğu bilinen krom, örnek boyutundan bakır ve arseniğe oranla en az etkilenmiştir. Örnek boyutunun artmasıyla veya örnek yüzey

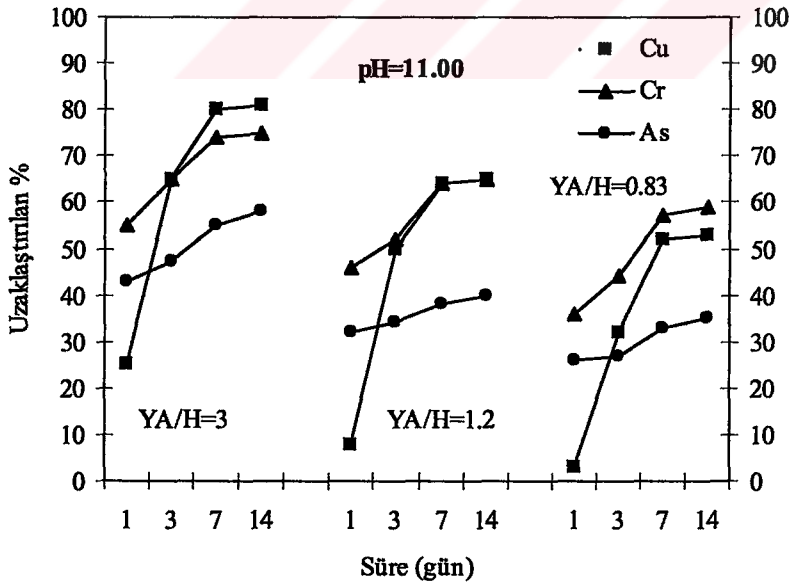
alanının örnek hacmine oranının azalmasıyla uzaklaştırılan bakır ve arsenik oranlarındaki azalma, kroma oranla çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, kromun büyük bir bölümünün odunda lignin ve ekstraktif maddelere fiske olduğundan ve sodyum hidroksitinin ekstraktif maddelerle reaksiyona girerek kromun odundan yıkanarak uzaklaştığı düşünülmektedir. Bunun yanında sodyum hidroksitinin lignin ve selüloza karşı fazla etkili olmaması nedeniyle arsenik ve bakırın fiske olduğu selüloz ve ligninden bakır ve arseniğin uzaklaştırılması sınırlı oranlarda gerçekleşmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı 0.83 olarak hazırlanan örneklerden en fazla uzaklaştırılan CCA bileşeninin krom olması da sodyum hidroksitinin özellikle kromu uzaklaştırmada etkili olduğunu ve bu amaçla kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 142. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit (pH=13.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi



Şekil 143. CCA ile empenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit (pH=12.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

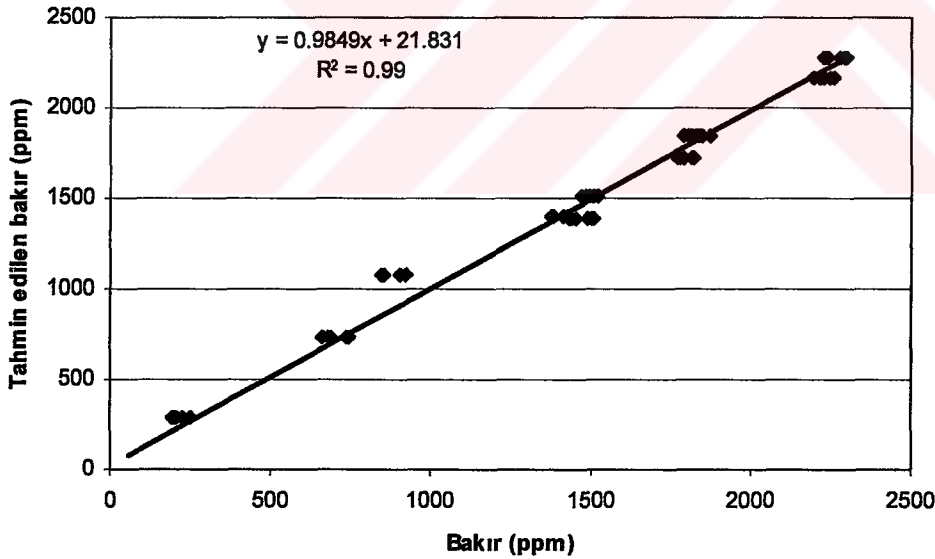


Şekil 144. CCA ile empenyeli sarıçam örneklerinden sodyum hidroksit (pH=11.00) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında sodyum hidroksit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 2696.33 - 1667.37\text{BBS} - 885.73\text{BBB}$$

Bu modele göre, sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; remidasyon süresinin tersiyle ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının tersiyle ters orantılı olarak artmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı artıkça ve remidasyon süresi artıkça uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 145) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



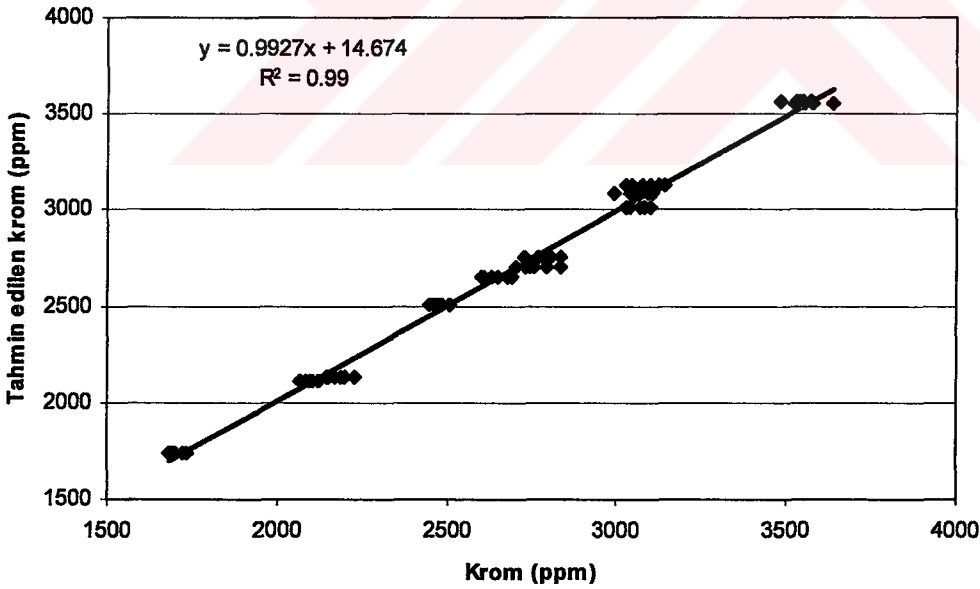
Şekil 145. Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında sodyum hidroksit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden

faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = -804.15 - 992.18\text{BBB} + 4204.42\text{LOGS} - 5.57\text{S2} + 3769.76\text{BBKKS}$$

Bu modele göre, sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; remidasyon süresinin logaritmasıyla ve sürenin karekökünün tersi ile doğru orantılı, remidasyon süresinin karesiyle ters orantılı olarak artmaktadır. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı da artmaktadır. Belirlenen bu modelden de görüldüğü üzere, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden kromun uzaklaştırılmasına sodyum hidroksit çözeltisinin pH'sından çok, örnek boyutu ve remidasyon süresi etkili olmuştur. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 146) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

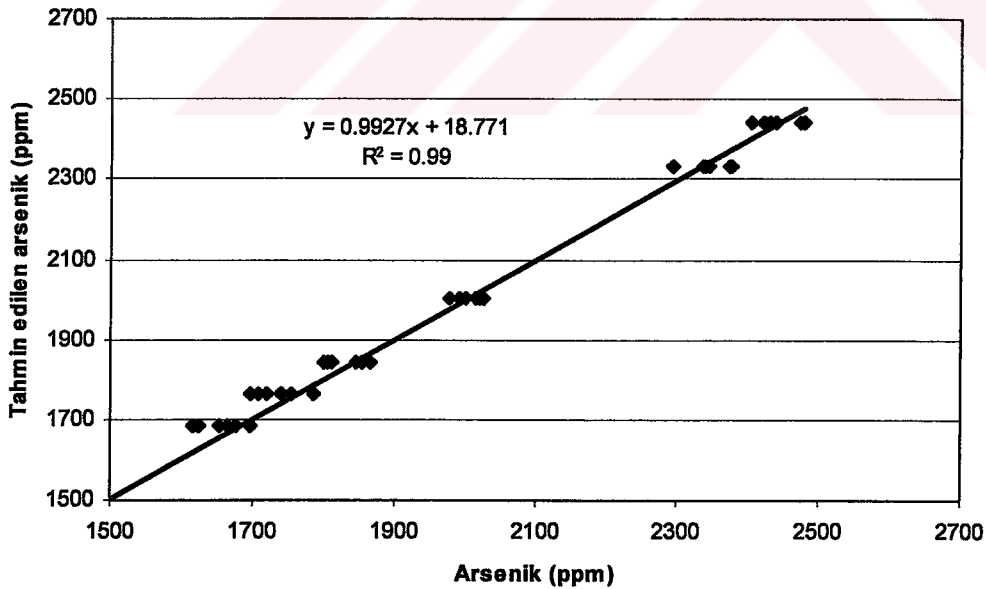


Şekil 146. Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında sodyum hidroksit ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan arsenik miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 1196.53 + 1368.89\text{LOGB} + 305.63\text{LOGS} + 6.50\text{BXS}$$

Bu modele göre, sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; örnek yüzey alanının örnek boyutuna oranının logaritmasıyla, remidasyon süresinin logaritmasıyla ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranıyla remidasyon süresinin çarpımıyla doğru orantılı olarak artmıştır. Belirlenen bu modelden de görüldüğü üzere, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden arseniğin uzaklaştırılmasında sodyum hidroksit çözeltisinin pH'sından çok, örnek boyutu ve remidasyon süresi etkili olmuştur. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 147) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 147. Sodyum hidroksit ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.4.10. Sodyum Klorür

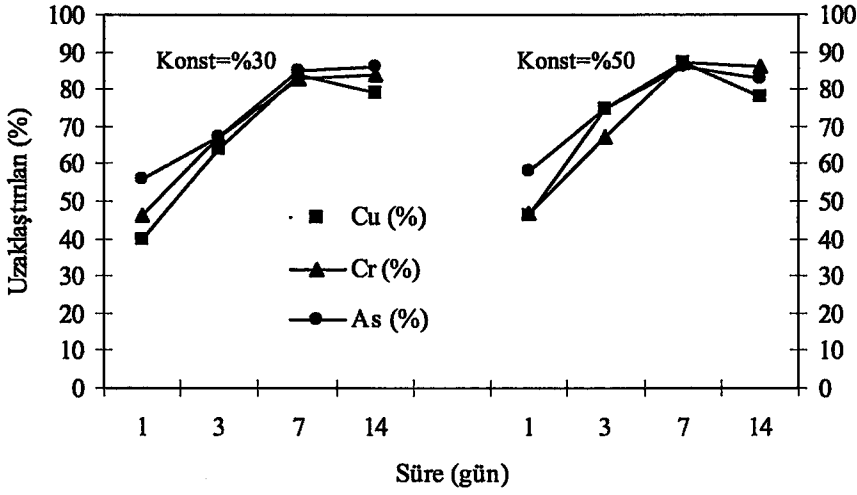
CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm, 5x5x5 cm ve 5x5x10 cm boyutunda hazırlanan sarıçam örnekleri 2 farklı konsantrasyonda hazırlanan sodyum klorür ile 1,3,7 ve 14 gün süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve bu örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına, hazırlanan sodyum klorür çözeltisi konsantrasyonunun (Şekil 148-150), remidasyon süresinin (Şekil 148-150) ve örnek boyutunun (Şekil 151,152) etkileri araştırılmıştır.

Sodyum klorürün %30'luk çözeltisi ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 7. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %84'ü, 14. günün sonunda kromun %84'ü ve arseniğin %86'sı uzaklaştırılmışken, sodyum klorürün %50'lik çözeltisiyle; 7. günün sonunda bakırın %87'si, kromun %87'si ve arseniğin %86'sı uzaklaştırılabilmektedir. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına sodyum hidroksit çözeltisi konsantrasyonun etkisi incelendiğinde, sodyum klorür çözeltisi konsantrasyonunun CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik üzerine çok fazla etkili olmadığı tespit edilmiştir. Genel olarak, sodyum klorür çözeltisiyle uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının yaklaşık olarak birbirlerine yakın oranlarda uzaklaştırıldığı tespit edilmiştir. Diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da tuzluluk derecesinin yıkanma miktarını etkilediğini bildirmişlerdir. Tuzluluk oranı % 24 den daha az olduğu durumlarda yıkanan bakır miktarı azalmaktadır. Bunun nedeni ise tuzla bakırın tepkimeye girerek suda çözünmeyen bakır kristalleri haline gelmesi olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte, tuzluluk derecesi %32 den daha fazla olduğu ortamlarda yıkanma miktarı artmaktadır [35].

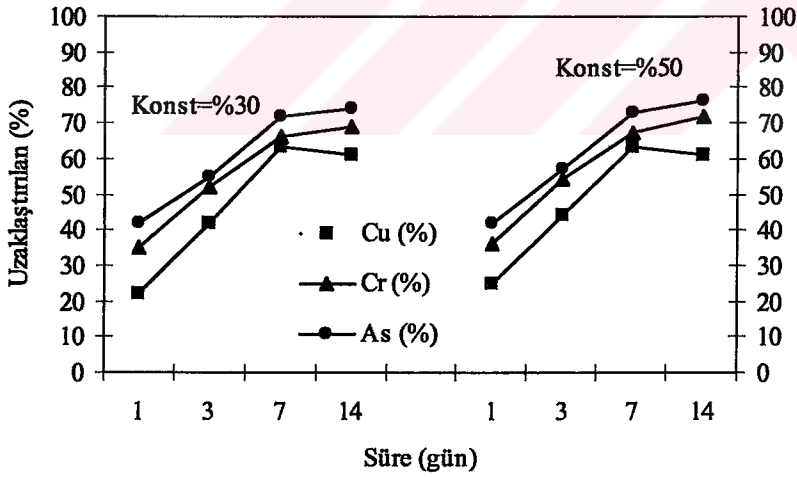
Remidasyon süresinin etkisi incelendiğinde, %30 konsantrasyon seviyesinde 2x2x2 cm boyutundan hazırlanan sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakırın 7 günün sonunda, krom ve arsenik 14. günün sonunda maksimuma ulaşmasına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin 14 günün sonunda maksimum seviyelere ulaşmasına karşın, uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin büyük bölümünün 7. günün sonunda gerçekleştiği belirlenmiştir. %50'lik konsantrasyon seviyesinde hazırlanan sodyum klorür çözeltisiyle 2x2x2 cm boyutundan hazırlanan sarıçam odun



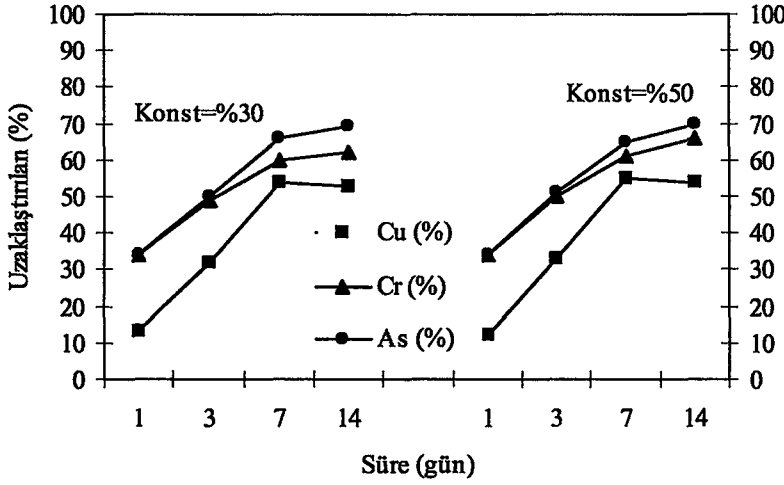
örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin 7. günün sonunda maksimuma ulaştığı tespit belirlenmiştir.



Şekil 148. CCA ile emprenyeli 2x2x2 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=3) sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

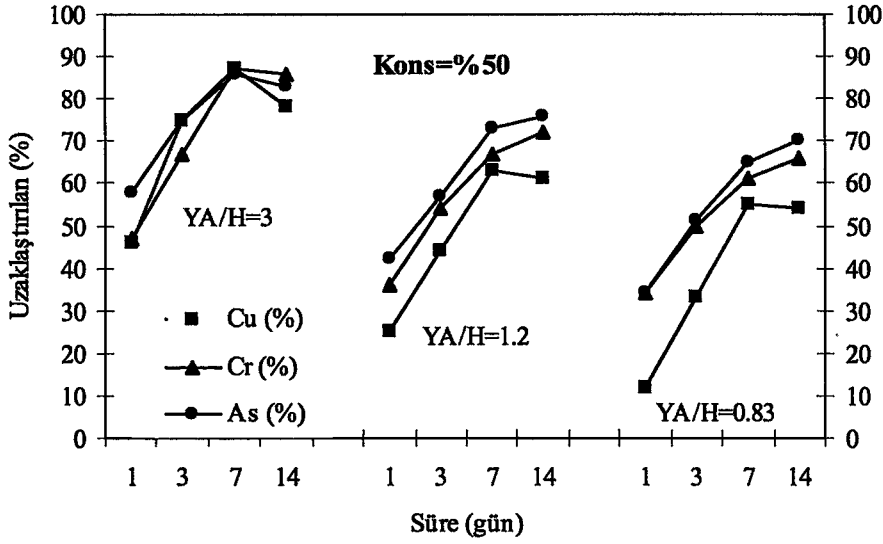


Şekil 149. CCA ile emprenyeli 5x5x5 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=1.2) sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

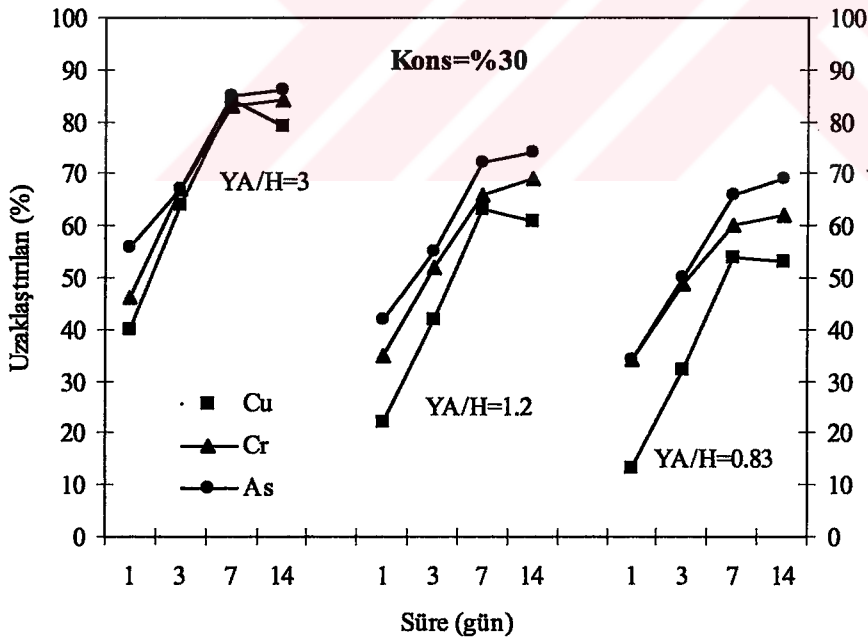


Şekil 150. CCA ile emprenyeli 5x5x10 cm boyutundaki (yüzey alanı/hacim=0.83) sarıçam örneklerinden sodyum klorür yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları

Örnek boyutlarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği üzere, iki farklı konsantrasyon seviyeleri için 2x2x2cm (yüzey alanı/hacim=3) boyutunda hazırlanan örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları bu çalışma kapsamında hazırlanan diğer iki boyuttaki örneklerden uzaklaştırılan miktarlara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sodyum klorürün %30'luk çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli 2x2x2cm (YA/H=3) boyutunda hazırlanan sarıçam odun örneklerinden 7. günün sonunda uzaklaştırılan bakır miktarı maksimum seviyeye ulaşmış ve odun örneklerinde bulunan bakırın %84'ü, 14. günün sonunda kromun %84'ü ve arseniğin %86'sı uzaklaştırılmışken, aynı konsantrasyondaki sodyum klorür çözeltisiyle remidasyona maruz bırakılan 5x5x5 cm (YA/H=1.20) boyutunda hazırlanan örneklerden 7. günün sonunda bakırın %63'ü, 14. günün sonunda kromun %69'u ve arseniğin %74'ü ve 5x5x10 cm (YA/H=0.83) boyutunda hazırlanan odun örneklerinden 7. günün sonunda bakırın %54'ü, 14. günün sonunda kromun %62'si ve arseniğin %69'u uzaklaştırılmıştır.



Şekil 151. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum klorür (konsantrasyon=%50) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

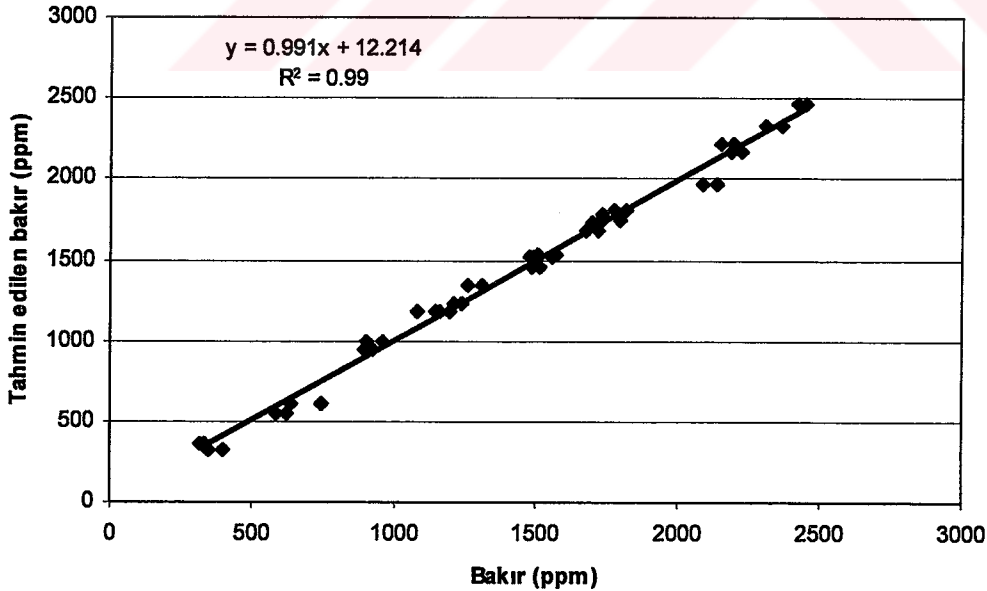


Şekil 152. CCA ile emprenyeli sarıçam örneklerinden sodyum klorür (konsantrasyon=%30) yardımıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranlarına örnek boyutunun etkisi

Bu çalışma kapsamında sodyum klorür ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan bakır miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan bakır miktarı} = 2186.10 - 1747.56\text{BBKKS} + 1726.36\text{LOGB} - 0.19\text{B}^2\text{XS}^2$$

Bu modele göre sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının logaritmasıyla ve remidasyon süresinin kareköküyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte sodyum klorür çözeltisi konsantrasyonunun bakırı uzaklaştırmada çok fazla etkin olmadığı bu nedenle de modelde yer almadığı belirlenmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen bakır miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini bakır miktarları karşılaştırılmış (Şekil 153) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek bakır miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

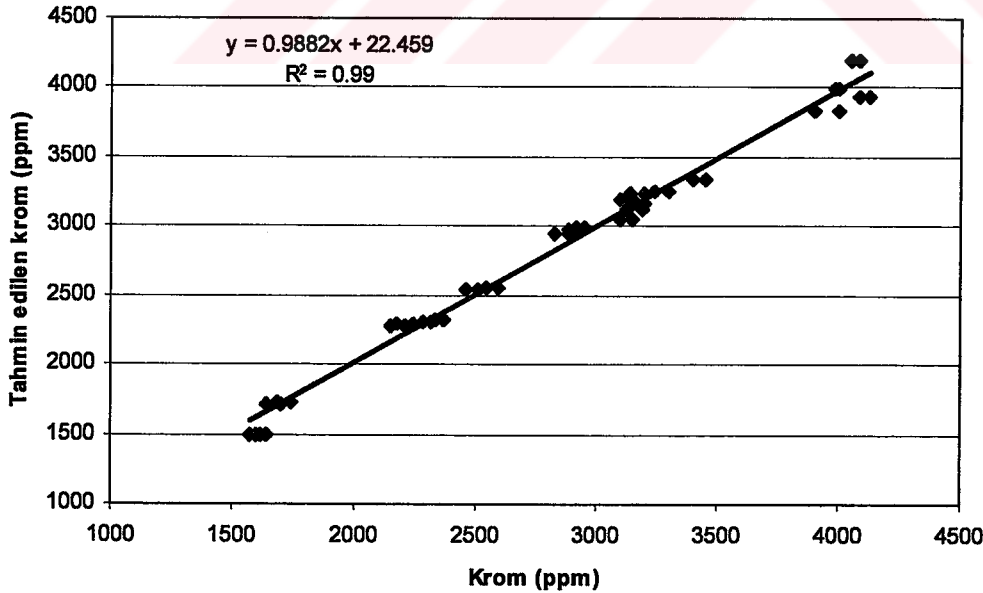


Şekil 153. Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini bakır değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında sodyum klorür ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan krom miktarı} = 3708 - 2126.68\text{BBKKS} + 1438.03\text{LOGB} + 0.18\text{YÜZDEXBXS}$$

Bu modele göre sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının logaritmasıyla, remidasyon süresinin kareköküyle ve sodyum klorür çözeltisi konsantrasyonu, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı ve remidasyon süresinin çarpımıyla doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Sodyum klorür çözeltisi konsantrasyonunun, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan krom miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen krom miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini krom miktarları karşılaştırılmış (Şekil 154) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek krom miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.

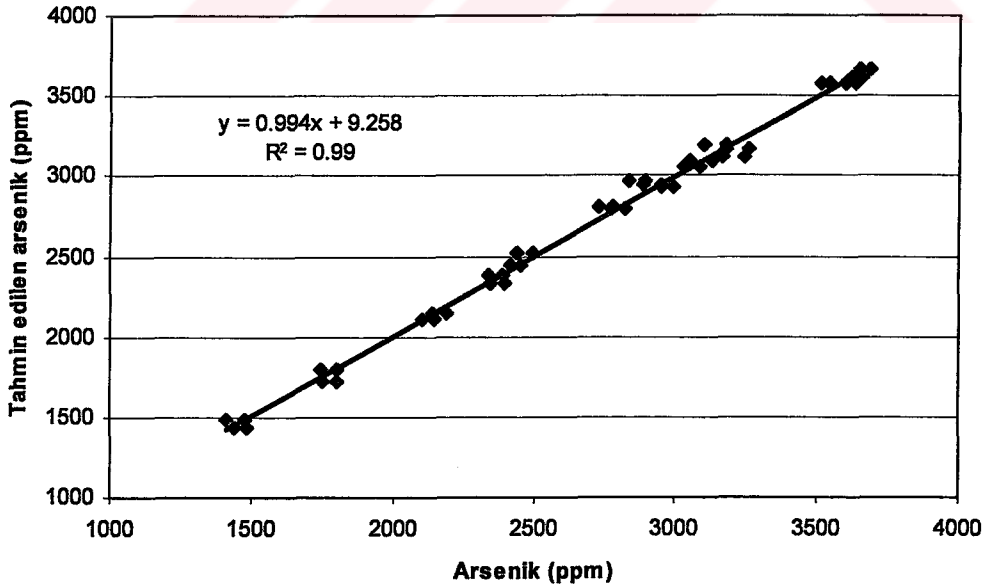


Şekil 154. Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini krom değerlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında sodyum klorür ile remidasyona maruz bırakılan CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan krom miktarına etki eden faktörleri belirlemek ve uzaklaştırılan krom miktarlarını önceden tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yardımıyla en iyi model aşağıdaki gibi ortaya koyulmuştur.

$$\% \text{Uzaklaştırılan arsenik miktarı} = 7119.63 - 7348.01\text{BBKKS} - 1786.88\text{BBKKB} + 3654.87\text{BBS} - 2.69\text{S2} - 0.16\text{B2XS2}$$

Bu modele göre sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarı; örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının kareköküyle ve remidasyon süresinin kareköküyle, remidasyon süresiyle ve remidasyon süresinin karesiyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte sodyum klorür çözeltisi konsantrasyonunun arseniği uzaklaştırmada çok fazla etkin olmadığı bu nedenle de modelde yer almadığı belirlenmiştir. Örnek yüzey alanının örnek hacmine oranının artmasıyla ve remidasyon süresinin artmasıyla uzaklaştırılan bakır miktarı da artmaktadır. Bu çalışma kapsamında tespit edilen arsenik miktarıyla, bu model ile hesaplanan tahmini arsenik miktarları karşılaştırılmış (Şekil 155) ve belirlenen model sayesinde uzaklaştırılan gerçek arsenik miktarları %1'lik ( $r^2=0.99$ ) hatayla tahmin edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 155. Sodyum klorür ile CCA ile emprenyeli sarıçam odun örneklerinden uzaklaştırılan arsenik miktarlarının, bu çalışma kapsamında belirlenen model yardımıyla tahmini arsenik değerlerinin karşılaştırılması

## 5. SONUÇLAR

### 5.1. İklim Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi

İklim koşulları ağaç malzemenin çürüme oranına önemli derecede etki etmektedir. Bu nedenle, ağaç malzemelerin tahmini kullanım süreleri maruz kaldıkları ortam ve iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Ağaç malzemelerin uygun şekilde emprenye edilmedikleri takdirde, bulunduğu ortamın iklim şartlarına maruz kalarak, biyotik ve abiyotik faktörler tarafından bozundurulması söz konusudur. Genel olarak, sıcaklığın ve bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde, soğuk ve bağıl nemin düşük olduğu bölgelere oranla ağaç malzemelerin çürüklük riski daha yüksektir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki tel direklerinin kullanım süresine iklim koşullarının etkisini belirlemek amacıyla Meteoroloji Müdürlüğünden elde edilen iklim verileriyle, çalışma kapsamında çalışılan illere ait (Trabzon, Rize ve Artvin) çürüklük riskleri ortaya konmuştur.

Bugüne kadar ülkemize ait çürüklük riski haritalar belirlenmemiş ve konuya yönelik yeterince araştırma yapılmamıştır. Bununla birlikte, iklim özelliklerinden dolayı Doğu Karadeniz Bölgesi, ülkemizdeki çürüklük riskinin en fazla olduğu bölgedir. Bu tez kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait 2000-2002 yıllarına ait iklim verileriyle yukarda bahsedilen illere ait iklim indeksleri ve ağaç malzemelerin çürüme risk grupları belirlenmiştir. Trabzon, Rize ve Artvin illerindeki 2000-2002 yıllarına ait hesaplanan iklim endekslerine göre, ağaç malzemelerin çürüklük riski Rize ili için en yüksek iken Artvin ili için en düşük olarak tespit edilmiştir. Trabzon ve Rize illeri için hesaplanan iklim endeksleri 65'den daha yüksek olduğundan ağaç malzemelerin çürüklük riski en yüksek gruba girmektedir. Artvin ili için hesaplanan iklim indeksi 35-65 arasındaki gruba girdiğinden, çürüklük riski orta seviyededir. Bu nedenle, özellikle Trabzon ve Rize illerinde kullanılan tel direklerinin gerek emprenye edilmeleri gerekse tel direklerinin kullanımları sırasında gerekli özenin gösterilmesi zorunludur.

## 5.2. Toprak Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi

Doğu Karadeniz Bölgesinin toprak özelliklerinin tel direklerinin kullanım sürelerine etkisini belirlemek amacıyla, Trabzon, Rize ve Artvin illerinden 0-5cm ve 30-40cm derinlik seviyelerinden alınan toprak örneklerinde pH, su tutma kapasitesi, kum, kil ve toz miktarları belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, pH değerleri Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en düşük, Artvin ilinden alınan örneklerde ise en yüksek bulunmuştur. Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde kum oranı en düşük iken, Rize ilinden alınan örneklerde kum oranı en yüksek olarak tespit edilmiştir. Kil oranları incelendiğinde, en düşük kil oranı Rize ilinde, en yüksek kil oranı ise Trabzon ilinden alınan toprak örneklerinde bulunmuştur. Toz oranları Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en düşük olarak tespit edilirken, Artvin ilinde toz oranı en yüksek bulunmuştur. Su tutma kapasitelerine bakıldığında en düşük su tutma kapasitesi Artvin ilinden alınan toprak örneklerinde tespit edilirken, en yüksek su tutma kapasitesi Rize ilinden alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon, Rize ve Artvin illerinde CCA ile emprenyeli tel direklerinin toprakla temas ettiği 0-5cm ve 30-40cm derinlik seviyelerinden ve kontrol amaçlı olarak tel direklerinden uzakta alınan toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik tayinleri X-RF cihazıyla her bir il için belirlenmiştir. CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarları bütün iller için toprak yüzeyinden alınan örneklerde kontrol örneklerine oranla çok yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, 30-40cm derinlik seviyesinden alınan toprak örneklerinde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları kontrol örneklerindekiye yakın bulunmuştur. CCA ile emprenyeli tel direklerinden en fazla yıkanan ve toprak örneklerinde tespit edilen CCA bileşeni olarak bakır daha sonra arsenik ve en az konsantrasyona sahip CCA bileşeni olarak krom tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde tespit edilen bakır, krom ve arsenik konsantrasyonları Rize ilinden alınan toprak örneklerinde en yüksek iken, Trabzon ve Artvin illerinden alınan toprak örneklerinde belirlenen bakır, krom ve arsenik miktarları birbirlerine çok yakın bulunmuştur. Rize ilinden alınan toprak örneklerindeki bakır, krom ve arsenik miktarlarının yüksek olmasının nedeni veya bir başka ifadeyle, CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır krom ve arsenik konsantrasyonlarının diğer illere oranla fazla olmasının nedeni, bu ilde toprağın pH değerinin düşük olması ve dolayısıyla bu durumun CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğin yıkanmasına sebep olması şeklinde açıklanabilir. Bunun yanında,



Rize ilinin diğer iki ile oranla daha fazla yağış alması da bu metallerin yıkanmasında önemli rol oynamıştır. Rize ilinden alınan toprak örnekleri CCA ile emprenyeli tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden çok daha kısa olduğu çay tarımı yapılan yerlerden alınmıştır. Özellikle çay tarımı yapılan bölgelerde yapılan bilinçsiz gübreleme, özellikle amonyum sülfat, CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarlarını artırmaktadır. Amonyum sülfat bakır ile reaksiyona girerek suda daha kolay çözünen bakırlı bileşikler oluşturduğu ve bu tel direklerinden yıkanıp toprağa geçen bakır konsantrasyonunun önemli derecede artırdığı düşünülmektedir. Diğer yandan, Rize ilinden alınan toprak örneklerinde yapılan mekanik analizler sonucunda kum oranının diğer illerden alınan örneklerdekine oranla daha yüksek tespit edilmiştir. Kum oranı yüksek oran topraklarda temas halindeki CCA ile emprenyeli tel direklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarları daha yüksek olduğu yapılan diğer çalışmalarda belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen 3 ile ait toprak özellikleri ve toprak örneklerinde tespit edilen bakır, krom ve arsenik miktarları sonuçlarına göre; Rize tel direklerinin çürüklük riskinin en yüksek olduğu il olduğu, Artvin ilinde en düşük olduğu belirlenmiştir.

### 5.3. Doğu Karadeniz Bölgesinde Tel Direklerinde Tespit Edilen Çürüklük Tipleri

Doğu Karadeniz Bölgesinde CCA ile emprenyeli tel direklerinde en çok rastlanan çürüklük tipi esmer çürüklük ve yumuşak çürüklük olarak belirlenmiştir. Bunun yanında *Pleurotus ostreatus* ve *Trametes versicolor* gibi beyaz çürüklük mantarları da tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda kullanımda bulunan tel direklerinde böcek tahribatının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. Böcek tahribatı genellikle direklerin emprenye işlemine hazırlanması sırasında dış kabuk ve kambiyum tabakasının uzaklaştırma işleminin tam olarak yapılmadığı direklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mantar tahribatına uğramış tel direklerinde, böcek tahribatının yoğun olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, depolarda atıl haldeki bekletilen tel direklerinde böcek tahribatının aşırı seviyede olduğu gözlenmiştir.

Kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde belirlenen kusurlardan birisi de derin çatlak ve yarıklardır. Bu çalışma kapsamında incelenen tel direklerinin %60-70'inde derin çatlaklar tespit edilmiştir. Özellikle, toprak zonuna yakın kısımlardaki

çatlaklar, tel direklerinin çürümeye en hassas olan bu kısımlarına mantar misellerinin girmesini kolaylaştırmakta ve tel direklerinin çürümelerine neden olarak beklenen kullanım süresinden daha kısa sürede atıl hale gelmelerine yol açmaktadır. Tel direklerinin emprenyesi sırasında uygulanan basıncın hızla yükseltilmesi tel direklerinde çatlaklara neden olmaktadır. Diğer neden ise, emprenye işleminden sonra depolama sırasında yüksek rutubete sahip tel direklerinin aşırı rutubet kaybetmesi çatlakların oluşmasına sebep vermektedir. Ayrıca, tel direklerinin kullanım yerlerinde aşırı yağış ve güneşe maruz kalmalarının bu çatlakları oluşturduğu da düşünülmektedir. Bu çatlakların yanında, tel direklerinde insanlar tarafından (kesilme, yakılma vb.) meydana getirilen hasarların da tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden daha kısa olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanıma hazır CCA ile emprenyeli tel direklerinde yapılan incelemelerde, tel direklerindeki elektrik aksamlarının takılması için gerekli olan deliklerin açılmadığı tespit edilmiştir. Bu deliklerin emprenye işleminden sonra açılması nedeniyle, emprenyesiz kısımlar açığa çıkmaktadır. Bu açılan delikler mantar misellerinin ve böcek zararlılarının kolayca direklerin emprenyesiz iç kısımlarına ulaşmasına ve böylece tel direklerinin kolayca tahrip edilmesine imkan vermektedir.

Gerek kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinden artım burgusuyla alınan örneklerden gerekse TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanılmamış ve atıl haldeki tel direklerinden alınan örneklerde emprenye maddesinin nüfuz derinliği çam tel direklerinde 1-8 cm arasında değişirken, ladin ve göknar tel direklerinde 0.3-2 cm arasında olduğu tespit edilmiştir.

#### **5.4. Remidasyon**

Üç farklı boyutta hazırlanan sarıçam odun örnekleri farklı pH seviyelerine ayarlanmış 10 farklı kimyasal madde ile 1, 3, 7 ve 14 gün süreyle remidasyon işlemine tabi tutulmuş ve CCA ile emprenyeli bu odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiş ve her bir kimyasal madde için uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına örnek boyutunun, çözelti pH'sının ve remidasyon süresinin etkileri araştırılmıştır.

Remidasyon çözültisi olarak asitler kullanıldığında, pH derecesinin artmasıyla odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik oranları düşerken, pH derecesinin azalmasıyla uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları önemli miktarlarda artış göstermiştir. Özellikle, pH seviyesi 3.5'dan daha düşük olduğunda, odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları çok yüksek oranlara ulaşmıştır. Bununla birlikte, remidasyon çözültisi olarak alkali çözültüler kullanıldığında, çözülti pH'sının odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına etkisi oldukça sınırlı olmuştur.

Örnek boyutun odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarına etkisi incelenmiş ve örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı artıkça CCA ile emprenyeli örneklerden uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarlarının da arttığı tespit edilmiştir. Bu oran küçüldükçe; özellikle uzaklaştırılması zor olduğu bilinen kromun, odun örneklerinden uzaklaştırılması daha da güç olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten, örnek yüzey alanının örnek hacmine oranı azaldıkça, odun örneklerinden uzaklaştırılan bakır, krom ve arseniğin maksimuma ulaşması için gerekli remidasyon süresinin arttığı belirlenmiştir.

Üç farklı boyutta hazırlanan CCA ile emprenyeli odun örneklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında örnek boyutuna bağlı kalmaksızın kromotropik asit, oleik asit ve fosforik asit en çok etkili olurken, amonyum sülfat, hümik asit sodyum tuzu ve resorsinol bu çalışma kapsamından remidasyon işleminde kullanılan 10 kimyasal madde içerisinde en az etkili olan kimyasal maddeler olarak belirlenmiştir.

## 6. ÖNERİLER

Ülkemizde ağaç malzemenin emprenyesi ile ilgili standartlara uyma mecburiyetinin olmamasına ve emprenye işlemlerinin Bayındırlık İskan Bakanlığının hazırladığı şartnamelere girmemiş olmasından dolayı yaklaşık yılda 400.000 m<sup>3</sup> iğne yapraklı türlerden üretilen tel direkleri ve 30.000 m<sup>3</sup> yapraklı ve iğne yapraklı türlerden üretilen traversler emprenye edilmektedir. Bu emprenyeli ağaç malzemelerin büyük bir kısmını tel direkleri teşkil etmektedir.

Özellikle Karadeniz Bölgesinin sahil kesimlerinde tel direklerinin kullanım ömürleri sadece 10-15 yıl kadar olması ve beklenen hizmet sürelerinden çok daha kısa sürelerde atıl hale gelmeleri, bu bölgede gerek kullanımda bulunan gerekse bundan sonra kullanılacak tel direklerinin emprenyesi sırasında ve yerinde bakım işlerine gerekli özen gösterilmelidir. Bu tez kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesinin iklim ve toprak özelliklerinin CCA ile emprenyeli tel direklerinin hizmet sürelerine etkileri belirlenmiş ve çürüklük riski haritaları ilk defa ortaya konmuştur. Doğu Karadeniz Bölgesi ülkemizin çürüklük riski en yüksek olan bölgesi olması nedeniyle, bu bölgede kullanılacak ağaç malzemelerin tasarlanması, emprenye edilmesi sırasında ve yerinde bakım işlemlerinin yapılması sırasında gerekli önem verilmesi zorunludur. Daha detaylı çalışmalar yapılarak biran önce ülkemize ait ağaç malzemelerin çürüklük riski haritalarının belirlenmesi ve en azından çürüklük riski yüksek olan bölgelerde kullanılacak ağaç malzemelerin emprenye edilme zorunluluğu getirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde tel direklerine arız olan mantar türlerinin izole ve teşhisi konusunda herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımdaki emprenyeli tel direklerinin beklenen süreden çok daha önce tahribata uğraması ve atıl hale gelmesi nedeniyle, bu bölgede kullanımdaki ve kullanılacak tel direklerinin mantarlara karşı daha iyi korunmalarını sağlayıcı koruma önlemlerinin belirlenmesinde ve geliştirilmesinde halen kullanımda bulunan tel direklerindeki çürüklük tipleri ve CCA ile emprenyeli tel direklerine arız olan mantar türlerinin teşhis edilmesi önemli bir aşama olacaktır. Bu amaçla, çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde gerek kullanımda olan gerekse atıl halde TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerindeki

tahribatlar ve mantar türleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte, teşhis edilen mantar türlerinin ne kadar sıklıkla (frekans) ve hangi mevkilerde rastlandığı belirlenmemiştir. Bundan sonraki çalışmalarda mantar türlerinin ne kadar sıklıkla ve hangi bölgelerde yoğunlaştığı belirlenmelidir. Bu bilgiler tel direklerinin hizmet sürelerinin arttırılmasında önemli bir rol alacaktır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde gerek kullanımda olan gerekse atıl halde TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerindeki tespit edilen mantar türlerinin büyük kısmı bakıra toleranslı esmer çürüklük mantarlarıdır. CCA'nın formülasyonunda arsenik içermesinin nedeni; arseniğin böceklerin ve bakıra karşı toleranslı mantarların tahribatını önlemektir. Gerek bu çalışma kapsamında, gerekse diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda CCA ile emprenyeli tel direklerinde bile, arsenik içermesine rağmen, bakıra toleranslı mantarların izole edildiği belirtilmiştir. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinin iklim özellikleri, toprak özellikleri ve dolayısıyla tel direklerinin çürüklük riskinin yüksek olması nedeniyle, TEDAŞ tarafından CCB ile emprenyeli tel direklerinin satın alınmaması veya en azından alınan CCB ile emprenyeli tel direklerinin ağaç malzemelerin çürüklük riski yüksek olan Doğu Karadeniz Bölgesi gibi yerlerde kullanılmaması gerekmektedir.

Yapılan incelemeler ve Trabzon TEDAŞ Bölge Müdürlüğü yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda kullanımda bulunan tel direk direklerinde yerinde bakım işlemlerinin yapılmadığı belirlenmiştir. Daha önceki yıllarda işçilerin yaşadığı bazı olumsuz sağlık problemlerinden dolayı yerinde bakım işlemlerinden (bandaj vb.) hiçbiri kullanılmamakta ve tel direkleri çürümeye terk edilmektedir. Gerekli önlemler alınarak, işçilerin sağlığını tehdit etmeden yerinde bakım işlemleri yapılmalıdır.

Ülkemizde atıl haldeki emprenyeli malzemelerin yeniden kullanılması veya bertaraf edilmesi konusunda yasal düzenlemelerin bulunmamasından dolayı, atıl hale gelen emprenyeli tel direkleri açık alan depolarında bekletilmektedir. Bu durum emprenyeli tel direklerinden yıkanan zehirli kimyasalların toprağın kontamine ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olmakta ve önemli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu konudaki yasal düzenlemelerin ivedilikle yapılması gerekmektedir.

Son yıllarda arseniğin çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı ABD Çevre Koruma Kurumunun (Environmental Protection Agency, EPA) 12 Şubat 2002 tarihinde almış olduğu kararlar; çocuk oyun alanlarında, park ve bahçe alanlarında kullanılan CCA ile emprenyeli peyzaj kerestelerinin ve evlerde kullanılan yine CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin 31 Aralık 2003 tarihinden itibaren kullanılmasını yasaklamıştır. Bu tarihten itibaren CCA ile emprenye edilmiş kerestelerin yukarıda belirtilen kullanım yerlerinde kullanılması tamamen yasaklanacaktır. CCA ile emprenye ile edilmiş telefon ve elektrik direkleri, demiryolu traversleri ve köprü elemanlarının kullanılmasına devam edilecektir. Ancak, bu ağaç malzemelerin üzerine CCA ile emprenye edilmiştir etiketi konulması tavsiye edilmiştir. Bu kararlar, Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu tarafından (Canada Pest Management Regulatory Agency) 12 Şubat 2002 tarihinde ve Avrupa Birliği Ülkeleri Batı Avrupa Odun Koruma Enstitüsü (Western-European Institute for Wood Preservation) tarafından 30 Nisan 2002 tarihinde aynen kabul edilmiştir. Bu nedenle, atıl hale gelecek CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin miktarda kısa süre içerisinde büyük bir artış meydana gelecektir. Atıl haldeki ağaç malzemelerin hizmetten alınması, depolanması ve tekrar değerlendirilmesine ilişkin sorunları bir kez daha gündeme gelmektedir. Ülkemizde bu konudaki yasal düzenlemelerin Avrupa Birliğine uyum süreci çerçevesinde ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amaçlarından birisi atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılarak, atıl haldeki tel direklerinin yeniden kullanılması olanaklarının araştırılmasına zemin hazırlamaktır. Bu amaçla, 10 farklı kimyasal madde kullanılarak 3 farklı boyutta hazırlanmış CCA ile emprenyeli sarıçam örnekleri 2 hafta süreyle remidasyona maruz bırakılmış ve en uygun remidasyon çözeltisi pH'sı ve remidasyon süresi her bir kimyasal madde için belirlenmiştir. Kullanılan 10 kimyasal madde arasında özellikle oleik asidin ülkemizde kolayca elde edilebilmesi ve ekonomik olması gibi avantajlı yönlerinden dolayı oleik asit atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin remidasyonunda kullanılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N. Emprenye Tekniği. İ.Ü. yayın no:3878, Orman Fakültesi yayın no:432. İstanbul, 1993.
2. Kişisel görüşme. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü. Trabzon.
3. Kişisel görüşme. Orman Genel Müdürlüğü. Ankara.
4. Kişisel görüşme. TEDAŞ Bölge Müdürlüğü. Ankara.
5. Cooper, P.A. Disposal of treated wood removed from service: The issues. Environmental considerations in the manufacture, use, and disposal of preservative-treated wood proceedings. Forest Products Society, Wisconsin, USA. 85-90. 1994.
6. Felton, C.C. ve DeGroot R.C. The recycling potential of preservative-treated wood. Forest Products Journal. 46(7/8) (1996):37-46.
7. Malecki, R. L. Treated wood disposal: The electric utility perspective. Environmental considerations in the manufacture, use, and disposal of preservative-treated wood proceedings. Forest Products Society, Wisconsin, USA. 91-95. 1994.
8. McQueen, J. ve Stevens, J. Disposal of CCA-treated wood. Forest Products Journal. 48(11/12) (1998):86-90.
9. Helsen, L., Bulck, E.V. ve Hery, J.S. Total recycling of CCA treated wood waste by low-temperature pyrolysis. Waste Management. 18 (1998): 571-578.
10. Hingston, J.A., Collins, C.D., Murphy, R.J. ve Lester, J.N. Environmental Pollution. 111 (2001):53-66.
11. Hay, E., Derazon, H., Eisenberg, Y. and Natalia, B. Suicide by ingestion of a CCA wood preservative. The Journal of Emergency Medicine. 19(2) (2000):159-163.
12. Richardson, B.A. Wood Preservation. Second edition. Chapter 1. Preservation Technology. Chapman & Hall Press, NY, USA, 1993.
13. Wilkinson, J.G. Industrial Timber Preservation. Associated Business Press., London, England, UK. 1979.
14. Anderson, D.G. The accelerated fixation of chromated copper preservative treated wood. AWWA, 1990, 129-141

15. Anonymous. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. USDA, Forest Service. Agriculture handbook 72. Washington, DC. USA, 1987.
16. Lebow, S. Leaching of wood preservative components and their mobility in the Environment . USDA, Forest Products Lab. Madison, Wisconsin. USA, 1996.
17. Pizzi, A. A new approach to the formulation and application of CCA preservatives. Wood Science and Technology. 17 (1983):303-319.
18. Pizzi, A. Chromium interactions in CCA/CCB wood preservatives. Part I. Holzforshung. 44(5) (1990):373-380.
19. Pizzi, A. Chromium interactions in CCA/CCB wood preservatives. Part II. Holzforshung. 44(8) (1990):419-424.
20. Dahlgren, S.E. Some practical Implications from recent research on the fixation of CCA preservatives. The International Res. Group on Wood Preservation 16<sup>th</sup> Annual Meeting, 1975. IRG/WP 75-358.
21. Cooper, P.A. ve Ung, T. Moderate temperature fixation of CCA-C. The International Res. Group on Wood Preservation 30<sup>th</sup> annual meeting, Finland, 1989. IRG/WP 89-3522.
22. McNamara, W.S. CCA fixation experiments-Part I. The International Res. Group on Wood Preservation 30<sup>th</sup> annual meeting, Finland, 1989. IRG/WP 89-3522.
23. Dahlgren, S.E. The course of fixation of Cu-Cr-As wood preservatives. Record Annual Convention British Wood Preservers' Association, Londonö UK. 109-128, 1972.
24. Dahlgren, S.E. ve Hartford, W.H. Kinetics and mechanism of fixation of Cu-Cr-As wood preservatives. Part I. PH behaviour and general aspects of fixation. Holzforshung. 26(1972):62-69.
25. Cooper, P.A. Cation exchange adsorption of copper on wood. Wood Protection. 1(1) (1991):9-14.
26. Pizzi, A. The chemistry and kinetic behaviour of Cu-Cr-As/B wood preservatives. I. Fixation of chromium on wood. Journal of Polymer Science. Chemistry Ed. 19(1981):3093-3121.
27. Pizzi, A. The chemistry and kinetic behaviour of Cu-Cr-As/B wood preservatives. II. Fixation of the Cu/Cr system on wood. Journal of Polymer Science. Chemistry Ed. 20(1982):707-724
28. Hartford, W. The practical chemistry of CCA in service. In: Proceedings, American Wood Preservers' Association; 84: 28-42. 1986.



29. Pizzi, A. Practical consequences of the clarification of the mechanism of CCA fixation to wood. The International Research Group on Wood Preservation 24<sup>th</sup> annual meeting, 1983. IRG/WP 83-3220.
30. Ostmeyer, J.G., Elder, T.J. ve Winandy, J.E. Spectroscopic analysis of Shouthern Pine treated with chromated copper arsenate. II. Diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy (DRIFT). Journal of Wood Chemistry and Technology. 9(1) (1989):105-122.
31. Petty, J.A. ve Preston R.D. Electron probe micro-analysis of metals in cell walls of conifer wood treated with preservatives. Holzforschung. 22(6)(1968): 174-177.
32. Chou, C.K., Chandler, J.A. ve Preston, R.D. Microdistribution of metal elements in wood impregnated with CCA preservative as determined by analytical electron microscopy. Wood Science and Technology. 17(1973):151-160.
33. Chou, C.K., Chandler, J.A. ve Preston, R.D. Up-take of metal toxicants by fungal hyphae colonising CCA-impregnated wood. Wood Science and Technology. 17(1973):206-211.
34. Kaldas, M. and Cooper, P.A. Effect of wood moisture content on rate of fixation and leachability of CCA-treated red pine. Forest Products Journal. 46(10)(1996):67-71.
35. Lebow, S.T., Foster, D.O. ve Lebow, P.K. Release of copper, chromium and arsenic from treated southern pine exposed in seawater and freshwater. Forest Products Journal. 49(7/8)(1999):80-89.
36. Ung, Y.T. ve Cooper, P.A. Feasibility of drying CCA-treated red pine poles during fixation. Forest Products Journal. 46(6)(1996):46-50.
37. Boone, R.S., Winandy, J.E. ve Fuller, J.J. Effects of re-drying schedule on preservative fixation and strength of CCA treated lumber. Forest Products Journal. 45(9)(1995):65-73.
38. Cooper, P.A. Leaching of CCA from treated wood: pH effects. Forest Products Journal. 41(1)(1991):30-32.
39. Nicholas, D.D. ve Preston, A.F. Interaction of preservatives with wood: In Chemistry of Solid Wood. American Chemical Society, Madison. Wisconsin. 307-320. 1984.
40. Arsenault, R.D. CCA-Treated wood foundations a study of performance, effectiveness, durability, and environmental considerations. AWPA, 126-136. 1975
41. Jorge, F.S., Santos, T.M., Jesus, J.P. ve Banks, W.B. Reactions between Cr(VI) and wood and its model compounds Part I. Wood Science and Technology. 33(1999):487-499.

42. Bull, D.C. The chemistry of chromated copper arsenate II. Preservative-wood interactions. Wood Science and Technology. 34(2001):459-466.
43. Bull, D.C. The chemistry of chromated copper arsenate. Wood Science and Technology. 34(2001):367-376.
44. Cooper, P.A. Leaching of CCA: is it a problem? Environmental considerations in the manufacture, use, and disposal of preservative-treated wood proceedings. Forest Products Society, Wisconsin, USA. 45-57. 1994.
45. Cooper, P.A. Leaching of CCA from treated wood. Canadian Wood Preservation Association. 11 (1990): 144-169.
46. Cserjesi, A.J. Permanence of preservatives in treated experimental shake roofs. Forest Products Journal. 26(1976): 34-39.
47. Rak, J.R. ve MR. Clarke. Leachability of new water-borne preservative systems for treated wood products. Proc. Amer. Wood. Preserv. Assoc, 1974. 70: 27-32.
48. Cockroft, R, ve R.A Laidlaw. Factors affecting leaching of preservatives in practice. International Research Group On Wood Preservation 11<sup>th</sup> Annual Meeting, 1978. IRG/WP/3113.
49. Homan, W.J., H. Militz ve D.A. Lewis. Applications of the shower test: Part a. Results from CCA type C treated wood: Influence of fixation process. International Research Group On Wood Preservation 26<sup>th</sup> Annual Meeting, 1993. IRG/WP 93-50009.
50. Teichman, T. ve J.L. Monkman. An investigation of inorganic wood preservatives: I. The stability to extraction of arsenic impregnated hardwood. Holzforschung 20(1966): 125-127.
51. Huang, C. ve Cooper, P.A. Cement-bonded particleboards using CCA-treated wood removed from service. Forest Products Journal. 50(6)(2000):49-56.
52. DeGroot, R.C. ve Evans, J. Does more preservative mean a better product? Forest Products Journal. 49(9)(1999):59-68.
53. Petric, M., Murphy, R.J. ve Morris, I. Microdistribution of some copper and zinc containing waterborne and organic solvent wood preservatives in spruce wood cell walls. Holzforschung. 54(1)(2000):23-26.
54. Rayner, A.D.M. and L. Boddy. Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology. John Willey & Sons Press. NY, USA, 1988.
55. Ruddick, J.N.R., Yamamoto, K. ve Herring, F.G. The influence of accelerated fixation on the stability of chromium (VI) in CCA-treated wood. Holzforschung. 48(1)(1994):1-3.

56. Blankenhorn, P.R., Silsbee, M.R., Blankenhorn, B.D, DiCola, M. ve Kessler, K. Temperature and moisture effects on selected properties of wood fiber-cement composites. Cement and Concrete Research. 29(1999):737-741.
57. Eaton, R.A. ve M.D.C. Hale. Wood: Decay, pests and protection. Chapman & Hall. New York, NY, USA, 1993.
58. Jorge, F.S., Santos, T.M., Jesus, J.P. ve Banks, W.B. Reactions between Cr(VI) and wood and its model compounds Part II. Wood Science and Technology. 33(1999):501-517.
59. Lee, A.W.C, Grafton III, J.C ve Tainter, F.H. Effect of rapid redrying shortly after treatment on leachability of CCA treated southern pine. Forest Products Journal. 43(2)(1993):37-40.
60. Cooper, P.A. ve Y.T. Ung. Leaching of CCA-C from jack pine sapwood in compost. Forest Products Journal. 42(1992):57-59.
61. Evans, F.G. Leaching from CCA-impregnated wood to food, drinking water and silage. International Research Group On Wood Preservation 20<sup>th</sup> Annual Meeting, 1987. IRG-WP 87-3433.
62. Warner, J.J.L ve K.R. Solomon. Acidity as a factor in leaching of copper, chromium and arsenic from CCA treated dimension lumber. Environmental Toxicology Chemistry. 9(1990):1331-1337.
63. Kim, J.J. ve G.R Kim. 1993. Leaching of CCA components from treated wood under acidic conditions. International Research Group on Wood Preservation 24<sup>th</sup> Annual Meeting, 1990. IRG-WP 93-50004.
64. Murphy, R.J. and D.J. Dickinson. The effect of acid rain on CCA treated timber. International Research Group on Wood Preservation 21<sup>st</sup> Annual Meeting, 1990. IRG/WP 90-3579.
65. Plackett, D.V. Leaching tests on CCA-treated wood using inorganic salt solutions. International Research Group on Wood Preservation 14<sup>th</sup> Annual Meeting, 1984. IRG-WP 84-3310.
66. Berghoim, J. Leakage of arsenic, copper and chromium from preserved wooden dups deposited in soil: An eleven year old field experiment Swedish Wood Preservation Hist. Rep. 166. Sweden. 1992.
67. Nicholson, J. ve M.P. Levi. The fixation of CCA preservatives in spotted gum. Record British Wood Preservation Annual Conventions, 77-90. 1971.

68. Arsenauk, R.D. CCA-treated wood foundations - A study of permanence, effectiveness, durability and environmental considerations. Proceedings. American Wood Preservation Association, 1975. 71:126-146.
69. Suzuki, K. ve H. Sonobe. The results of the detection of CCA components in soil contacted with CCA treated wood. International Research Group on Wood Preservation 24<sup>th</sup> Annual Meeting, 1993. IRG-WP 93-3310.
70. Hedley, M.E. Inadequacies in preservative retention and formulation as contributory causes of premature failure of CCA treated vineyard posts. International Research Group on Wood Preservation 14<sup>th</sup> Annual Meeting, 1984. IRG-WP 1984-32.
71. Evans, F.G. ve M.L. Edlund. Leaching from field test stakes: Results from two different methods of analysis. International Research Group on Wood Preservation 24<sup>th</sup> Annual Meeting, 1993. IRG-WP 1993-50013.
72. Jin, L., K. Archer ve A.F. Preston. 1992. Depletion and biodeterioration studies with developmental wood preservative formulations. Proc. Am. Wood Preserv. Assoc. 13: 108-125.
73. Zabel, R.A. ve J.J. Morrell. Wood Microbiology: Decay and Its Prevention. Academic Press, Inc. California. USA, 1992.
74. Yıldız, Ü.C. 2000. Odun Koruma Ders notları. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 2000.
75. Yıldız, Ü.C. Odun Zararlıları Ders notları. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 2000.
76. Cooper, P.A. Full cost accounting evaluation of CCA treated wood poles manufactured by Guelph Utility Pole Co. Ltd., Guelph, Ont. Canada, 1994.
77. Anonymous. Forintek Canada Corp. Building materials in the context of sustainable development: An analytical framework. Forintek Canada Corporation and Wayne B. Trusty & Associates. Canada, 1991.
78. Anonymous. Forintek Canada Corp. Building materials in the context of sustainable development: Research guidelines. Forintek Canada Corporation. Canada, 1993.
79. Erlandsson, M., K. Odeen ve M.L. Edlund. Environmental consequences of various materials in utility poles-A life cycle analysis. International Research Group on Wood Preservation 23<sup>rd</sup> Annual Meeting, 1992. IRG/WP 92-3726.
80. Dowdy, R.H. ve V.V. Volk. Movement of heavy metals in soils, p. 229-240. In D.W. Nelson (ed.) Chemical Mobility And Reactivity In Soil Systems, Spec. Publ. 11, ASA, Madison, WI. USA, 1983.

81. Alloway, B.J. Soil processes and the behaviour of metals, p. 7-28. In B.J. Alloway (ed.) *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York, USA, 1990.
82. Korte, N.E., J. Skopp, W.H. Fuller, E.E. Niebla ve B.A. Alesil. Trace element movement in soils: Influence of soil physical and chemical properties. Soil Science. 122(1976): 350-359.
83. DeGroot, R.C., T.W. Popham, I.R. Gjovik ve T. Forehand. Distribution gradients of arsenic, copper and chromium around preservative treated wooden stakes. Journal of Environmental Quality. 8(1979): 39-41.
84. Lund, U. and A Fobian. Pollution of two soils by arsenic, chromium and copper, Denmark. Geodenna. 49(1991): 83-103.
85. McGrath, S.P. ve S. Smith. Chromium and nickel p. 125-150. In B.J. Alloway (ed.) *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1990.
86. James, B.R. ve R.J. Bartlett. Behaviour of chromium in soils: V. Fate of organically complexed Cr(III) added to soil. Journal of Environmental Quality. 12(1983):159-172.
87. Bartlett, R.J. ve J.M. Kimble. Behaviour of chromium in soils: I. Trivalent forms. Journal of Environmental Quality. 5(1976):379-383.
88. James, B.R ve R.J. Bartlett. Behaviour of chromium in soils: VTJ. Adsorption and reduction hexavalent forms. Journal of Environmental Quality. 12(1983):177-181.
89. Bartlett, R.J. ve J.M. Kimble. Behaviour of chromium in soils: n. Hexavalent forms. Journal of Environmental Quality. 5(1976):383-386.
90. James, B.R. ve R.J. Bartlett. Behaviour of chromium in soils: VI. Interactions between oxidation-reduction and organic complexation. Journal of Environmental Quality. 12(1983):173-176.
91. Arriola, J. ve W.J. Fuller. Effect of crushed limestone barriers on chromium attenuation in soils. Journal of Environmental Quality. 8(1979):503-510.
92. Grove, J.H. ve B.G. Ellis. Extractable chromium as related to soil pH and applied chromium. Soil Science Society Am. Journal. 44(1980):238-242.
93. Bartlett, R.J. ve B. James. Behaviour of chromium in soils: HI. Oxidation. Journal of Environmental Quality. 8(1979):31-35.
94. Baker, D.E. *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1990.
95. Tiller, K.G. ve R.H. Merry. Copper pollution of agricultural soils, p. 119-137. In J.F. Loneragan, AD. Robson and G.D. Graham (ed.) *Copper In Soil's And Plants*, Academic Press, Toronto, Canada, 1981.

96. Stevenson, F.J. ve A. Fitch. Reactions with organic matter, p. 69-95. In J.F. Loneragan, A.D. Robson and G.D. Graham (ed.) *Copper In Soils And Plants*, Academic Press, Toronto, Canada, 1981.
97. Newell, A.V. ve J.G. Sanders. Relative copper binding capacities of dissolved organic compounds in a coastal plain estuary. *Environmental Science Technology*. 20(1986):817-821.
98. McBride, M.B. ve D.R. Bouldin. Long-term reactions of copper(II) in a contaminated calcareous soil. *Soil Sci Society Am. Journal*. 48(1984):56-59.
99. Payne, G.G., D.C. Martens, E.T. Karnegay ve M.D. Lindermann. Availability and form of copper in three soils following eight annuals applications of copper-enriched swine manure. *Journal of Environmental Quality*. 17(1988): 740-746.
100. Sanders, J.R. The effect of pH upon the copper and cupric ion concentrations in soft solutions. *Journal of Soft Science*. 33(1982):679-689.
101. Menzel, R.G. and M.L. Jackson. Mechanism of sorption of hydros cupric ions by clays. *Soil Science Society. Am. Proc.* 15(1950):122-124.
102. O'Neill, P. Arsenic, p. 83-99. In B.J. Alloway (ed.) *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York, USA. 1990.
103. Bautista, E.M. ve M. Alexander. Reduction of inorganic compounds by soil microorganisms. *Soil Sci Am. Proc.* 36(1972): 918-920.
104. Jacobs, H.3., R.M. Reed, S.J. Thien ve L.V. Withee. *Soils laboratory Exercise Source Book*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1971.
105. Woolson, E.A, J.H. Axley ve P.C. Kearney. The chemistry and phytotoxicity of arsenic in soils: n. Effects of time and phosphorus. *Soil Science Society Amer. Journal*. 37(1973): 254-259.
106. Elkhatib, E.A., O.L. Bennet ve R.J. Wright. Arsenfte sorption and desorption in soils. *Soil Science Society American Journal*. 48(1984):1025-1030.
107. Livesey, N.T. ve P.M. Huang. Adsorption of arsenate by soils and its relation to selected chemical properties and anions. *Soil Science*. 131(1981):88-94.
108. Frost, R.R. and R.A. Griffin. Effect of pH on adsorption of arsenic and selenium from landfill leachate by clay minerals. Elkhatib, E.A., O.L. Bennet ve R.J. Wright. Arsenfte sorption and desorption in soils. *Soil Science Society American Journal*. 41(1977):53-57.

109. Hess, R.E. ve R.W. Blanchar. Arsenic stability in contaminated soils. Soil Science Society American Journal. 40(1976):847-852.
110. Clausen, C.A. Enhanced removal of CCA from treated wood by *Bacillus licheniformis* in continuous cultures. The International Res. Group on Wood Preservation 28<sup>th</sup> annual meeting, Whistler, B.C., Canada, 1997. IRG/WP 97-50083.
111. Clausen, C.A. ve Smith, R.L. CCA removal from treated wood by chemical, mechanical, and microbial processing. The Int. Res. Group on Wood Preservation. Proceedings of the 4<sup>th</sup> international wood preservation symposium ; The challenge-safety and environment, Cannes, France, 2-3 February 1998. IRG/WP 98-50101.
112. Yang, V.W. ve Illman, B.L. Optimum growth conditions for the metal-tolerant wood decay fungus, *Meruliporia incrassata* TFFH 294. The International Res. Group on Wood Preservation 30<sup>th</sup> annual meeting, Rosenheim, Germany, 1999. IRG/WP 99-50142.
113. DeGroot, R.C. ve Woodward, B. Using copper-tolerant fungi to biodegrade wood treated with copper-based preservatives. International Biodeterioration and Biodegradation. 44(1999):17-27.
114. Crawford, D.M. ve Clausen, C.A. Evaluation of wood treated with copper-based preservatives for Cu loss during exposure to heat and copper tolerant *Bacillus licheniformis*. The International Res. Group on Wood Preservation 30<sup>th</sup> annual meeting, Rosenheim, Germany, 1999. IRG/WP 99-20155.
115. Clausen, C.A. Isolating metal-tolerant bacteria capable of removing copper, chromium, and arsenic from treated wood. Waste Management and Research. 18(2000):264-268.
116. Clausen, C.A. CCA removal from treated wood using a dual remediation process. Waste Management and Research. 18(2000):485-488.
117. Shiau, R.J., Smith, R.L. ve Avelllar, B. Effects of steam explosion processing and organic acids on CCA removal from treated wood waste. Wood Science and Technology. 34(2000):377-388.
118. Vick, C.B. Preliminary findings on adhesive bonding of CCA-treated southern pine. In: Adhesives and bonded wood products: Proceedings of symposium; November 19-21, 1991. Seattle, WA. USA Proceedings 4735:158-176.
119. Vick, C.B. Coupling agent improves durability of PRF bonds to CCA treated southern pine. Forest Products Journal. 45(3)(1995):78-84.
120. Vick, B.C. ve Okkonen, E.A. Durability of one-part polyurethane bonds to improved by HMR coupling agent. Forest Products Journal. 50(10)( 2000):69-75

121. Vick, C.B. Enhanced adhesion of melamine-urea and melamine adhesives to CCA-treated southern pine lumber. Forest Products Journal. 47(7/8)(1997):83-87.
122. Vick, C.B. More durable epoxy bonds to wood with hydroxymethylated resorcinol coupling agent. Raw Materials. Vol. 40(8)(1997):24-29.
123. Vick, C.B. ve Christiansen, A.W. Cure of PRF adhesive in the presence of CCA-treated wood by differential scanning calorimetry. Wood and Fiber Science. 25(1)(1993):77-86.
124. Sellers, T. and Miller, G.D. Evaluations of three adhesive systems for CCA-treated lumber. Forest Products Journal. 47(10)(1997):73-76.
125. Vick, C.B., Geimer, R.L. ve Wood, J.E. Flakeboards from recycled CCA-treated southern pine lumber. Forest Products Journal. 46(11/12)(1996):89-91.
126. Mengeloglu, F. ve Gardner, D.J.. Recycled CCA-treated lumber in flakeboards: Evaluation of adhesives and flakes. Forest Products Journal. 50(2)(2000):41-45.
127. Wolfe, R.W. ve Gjinolli, A. Durability and strength of cement-bonded wood particle composites made from construction waste. Forest Products Journal. 49(2)(1999):24-31.
128. Clausen, C.A., Kartal, S.N. ve Muehl, J. Properties of particleboard made from recycled CCA-treated wood. Int. Res. Group on Wood Preservation 31<sup>st</sup> Annual meeting, Hawaii, USA, 2000. IRG/WP 00-50146.
129. Kartal, S.N. ve Clausen, C.A. Leachability and decay resistance of particleboard made from acid extracted and bioremediated CCA-treated wood. International Biodeterioration and Biodegradation. 47(2001):183-191.
130. Crawford, D., Fox, R., Kamden, P., Lebow, S., Nicholas, D., Pettry, D., Schultz, T., Sites, L. ve Ziobro, R. Laboratory Studies of CCA-C Leaching: Influence of Wood and Soil Properties on Extent of Arsenic and Copper Depletion. The International Research Group on Wood Preservation 33<sup>th</sup> Annual Meeting in Cardiff, Wales U.K, 2002. IRG/WP 02-50186.
131. Taylor, J.L. ve Cooper, P.A. Effect of Climate, Species, Preservative Concentration and Water Repellent on Leaching from CCA-Treated Lumber Exposed Above Ground. The International Research Group on Wood Preservation 32<sup>th</sup> Annual Meeting in Nara, Japan, 2001. IRG/WP 01-50178.
132. Lin, L ve Hse, C. Removal of CCA from Spent CCA-Treated Wood. The International Research Group on Wood Preservation 33<sup>rd</sup> Annual Meeting in Cardiff, Wales, UK, 2002. IRG/WP 02-50192.



133. Venkatasamy, R. The effects of pH leaching of copper-chrome-arsenate (CCA) from pressure-treated, Kenyan-grown *Eucalyptus saligna* ve *Acacia mearnsii*: Initial findings. The International Research Group on Wood Preservation 33<sup>rd</sup> Annual Meeting in Cardiff, Wales, UK, 2002. IRG/WP 02-30298.
134. Mateus, E.P., Ribeiro, A.B. ve Ottosen, L. Electrodialytic remediation of creosote and CCA treated timber wastes. The International Research Group on Wood Preservation 33<sup>rd</sup> Annual Meeting in Cardiff, Wales, UK, 2002. IRG/WP 02-30298.
135. Ribeiro, A.B., Mateus, E.P., Ottosen, L.M. ve Bech-Nielsen, G. Electrodialytic Removal of Cu, Cr, and As from Chromated Copper Arsenate-Treated Timber Waste. Environmental Science and Technology. 34(5)(2000): 784-788.
136. Velizarova, E., Ribeiro, A.B. ve Ottosen, L.M. A comparative study on Cu, Cr and As removal from CAA-treated wood waste by dialytic and electrodiatic processes. Journal of Hazardous Materials. 28(7)(2002):1-14.
137. Balasoiu, C.F., Zagury, G.J. ve Deschenes, L. Partitioning and speciation of chromium, copper, and arsenic in CCA-contaminated soils: influence of soil composition. The Science of The Total Environment. 280(2001):239-255.
138. Mehta, D., Puri, S., Sing, N., Garg, M.L. ve Trehan, P.N. Angular Dependence of L X-Ray Production Cross Section in Uranium at 22.6 and 59.5 keV Photon Energies, Physical Review A. 59(1999): 2723.
139. Jenkins, R. ve De Vries, J.L. Practical X-ray spectrometry, Philips Technical Library, Springer-Verlag New York Inc. USA, 1969.
140. Espen, P.V. A Generalized Approach to Quantitative Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Analysis Using Fundamental Parameters, Antwerpen, USA, 1991.
141. Yüksek, T. Rize-Pazar Deresi Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri İle Aşınım Eğilimi Değerlerinin Araştırılması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 2001.
142. Çepel, N. Toprak Fiziği, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No:374, İstanbul, 1985.
143. Bates, T.E. Soil Handling and Preparation, Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Chapter 3, 19-23, Florida, 1993 Lewis Publishers, USA, 1993.
144. Karaöz, Ö. Toprakların Su Ekonomisine İlişkin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Laboratuarda Belirlenmesi Yöntemleri, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi., B, 39,2 (1989), 133-143.

145. Miford, M.H. Introduction to Soils and Soil Science (Laboratory Excercises), Kendall/Hunt Publishing, Co., Iowa, 1991.
146. Sheldrick, B.H. ve Wang, C., Particle Size Distribution Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Chapter 47, 19-23, Florida, 1993 Lewis Publishers, USA, 1993.
147. Gülçür, F. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü. Orman Fak. Yay. No:201, İstanbul, 1972.
148. Topp, G.C. Soil Water Content, Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Chapter 50, 529-540, Florida, 1993 Lewis Publishers, USA, 1993.
149. Karaöz, Ö, Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, Karbonat, Tuzluluk, Organik Madde, Total Azot, Yararlanılabilir Fosfor) Analiz Yöntemleri. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi., Seri B, Cilt 39, Sayı 3 (1989), 64-82.
150. Kişisel görüşme. Devlet Meteoroloji Müdürlüğü. Ankara, 2003.
151. American Wood Preservers' Association. AWP Standard M113-01. A Guideline for the Physical Inspection of Poles in Service. AWP, Woodstock, MD, USA, 2001.
152. Wang, C.J.K ve Zabel, R.A.. Identification Manual for Fungi from Utility Poles in the Eastern United States. Allen Press, Inc. Lawrence, Kansas. USA, 1990.
153. Cooper, P.A. Kişisel görüşme. Department of wood Science. University of Toronto. Canada, 2001.
154. Ruddick, J. Kişisel görüşme. Department of wood Science. University of British Colombia. Vancouver, B.C. Canada, 2001.
155. Clausen, C.A. Kişisel görüşme. Forest Products Laboratory. USDA. Madison, WI. USA, 2002.
156. American Wood Preservers' Association. AWP Standard E11-01. Standard Method of Determining the Leachability of Wood Preservatives. AWP, Woodstock, MD, USA, 2001.
157. American Wood Preservers' Association. AWP Standard A9-01. Standard Method of Determining the Cu, Cr and As Concentration by XRF. AWP, Woodstock, MD, USA, 2001.
158. Scheffer, T.C. A climate index for estimating potential for decay in wood structures. Forest Products Journal. 21(10)( 1971):25-31.

159. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. B.19.1.DMİ.0.77.00.03.1160.4.34.29 sayılı 19.06.2003 tarihli rasat verileri konusundaki yazısı.
160. Albuquerque, R.M. Graig, S.M. ve Icely, J.D.. Leaching of CCA treated wood submerged in seawater. IRG/WP/96-50080, 1996. Stockholm, Sweden.
161. Fahlstrom, G.B., Gunning, P.E. ve Carlson, J.A. Copper chrome-arsenate wood preservatives: a study of influence of composition. on treatability. Forest Products Journal. 17(7)(1967):17-22.
162. Evans, F.G. Leaching from CCA-impregnated wood to food, drinking water and silage. IRG/WP/00-50162, 1987. Stockholm, Sweden.
163. Kalay, H.Z. Rize Masifinde Bazı Toprak Özelliklerinin Yükselti Basamaklarına Göre Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi (Basılmamış), İ.Ü. Orman Fakültesi, Bahçeköy, 1979.
164. Türüdü, Ö.A. Trabzon İli Hamsiköyü Yöresindeki Yüksek Arazide Aynı Bakıda Bulunan Ladin Ormanı, Kayın Ormanı, Çayır ve Mısır Tarlası Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması, K.T.Ü. Orman Fak. Yayın No:13, Trabzon, 1981.
165. Ateşalp, M. Aşırı Kireçlenme Doğu Karadeniz Bölgesi Asit Topraklarının Makro ve mikro besin maddeleri Kapsamlarına ve Verimlerine Etkisi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:72, Ankara 1972.
166. Eyüpoğlu, F. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:220, Ankara 1999.
167. Bayraklı, F. Bayburt-Erzincan Ovaları ile Rize bölgesi Topraklarının Fosfor Durumları Üzerine Bir Araştırma. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 398, Erzurum 1975.
168. Gülçür, F., Rize Mıntıkasında, Hümid Şartlar Altında Gelişmiş Bazı Bakir Toprakların Kil Fraksiyonlarında Kimyasal ve Mineorolojik Özellikler Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, B, 8,2,(1958)35-89.
169. Karagül, R. Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şartları Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri İle Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994, Trabzon.
170. Anşin, R., Yüksek, T. ve Eminağaoğlu, Ö. Research on The Flora and Soil Properties of Pinus Pinea L. Stands Near Fıstıklı Village in Artvin, XI. World Forestry Congress, NP, T1-0045, 13-22 October, 1997, Antalya/Turkey.
171. Hudson, B.D. Soil Organic Matter and Available Water Capacity. Jour. of Soil and Water Conservation Vol. 49, 2 (1994), 189-194.

172. Jamson, V.C., and Kroth, E.M., Available Moisture Storage Capacity in Relation to Textural Composition and Organic Matter Content of Several Missouri Soils, Soil Sci. Soc. of America, Vol. 22, No:3, (1958), 189-192.
173. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları. Doğu Karadeniz Havzası Toprakları, raporlar serisi no: 92, Ankara, 1991.
174. Rize İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No:53, Ankara, 1993.
175. Atalay, İ., Toprak Coğrafyası, E.Ü., Sosyal Bilimler Fakültesi Yayın No: 8, İzmir 1982.
176. Akalan, İ., Toprak (Oluşu, Yapısı ve Özellikleri), A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 356, Ankara, 1968.
177. Micklewright, James T. Wood preservation statistics. American Wood-Preservers' Association. Woodstock, MD, 1998.
178. Alloway, B J. Heavy metals in soils. Black and Son, Ltd., Glasgow and London, USA, 1990.
179. United States Department of Agriculture. Cooperative Impact Assessment Report. The biologic and economic assessment of pentachlorophenol, inorganic arsenicals, creosote. Volume I: Wood Preservatives, NY, USA, 1980.
180. United States Environmental Protection Agency. Environmental Health Advisory Committee Science Advisory Board. Report of the AD hoc study group on pentachlorophenol contaminates, WI, 1978.
181. Lyioke, Ike. 08, Temmuz, 1999. Arsenic. <http://www.iet.msu.edu/iournal/arsenic.htm>.
182. Masscheleyn, P.M., Delaune, R.D., ve Patrick, W.H., Jr. Heavy metals in the environment. Journal of Environmental Quality. 20(1991):522-527.
183. Anonymous. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Public Health Statement Copper. 08, Temmuz, 1999. <http://www.atsdr.cdc.aov/ToxProfiles/Dhs9008.html>.
184. Anonymous. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Public Health Statement. Chromium. 08, Temmuz, 1999. <http://www.atsdr.cdc.Qov/ToxProfiles/Dhs8810.html>.
185. lyioke, Ike. 08, Temmuz, 1999. Chromium. <http://www.iet.msu.edu/iournal/chromium.htm>.
186. Rinehart, Terry L, Schulze D.G., Bricka R.M., Bajt, S., ve Blatchley, E.R.III. Chromium leaching vs. oxidation state for a contaminated solidified/stabilized soil. Journal of Hazardous Materials. 52(2-3)(1997):21 3-221.

187. Hale, Jeffery R., Foos, A., Zubrow, J.S., ve Cook, J. Better characterization of arsenic and chromium in soils: a field-scale example. Journal of Soil Contamination. 6(4)(1997):371-398.
188. Sheppard, Marsha I., ve Thibault, D.H. A four-year mobility study of selected trace elements and heavy metals. Journal of Environmental Quality. 20(2)(1991): 101 -11 4.
189. Chirenje, T., Ma, L.Q., Clark, C. ve Reeves, M. Cu, Cr and As distribution in soil adjacent to pressure-treated decks, fences and poles. Environmental Pollution. 124(2003):407-417.
190. Cooper, P.A. ve Ung, Y.T. Environmental impact of CCA poles in service. International Research Group on Wood Preservation 28<sup>th</sup> Annual Meeting, Whistler, Canada, 1997. IRG/WP 97-50118.
191. Erdin, N., Kartal, S.N., Doğu, A.D. ve Engür, M.O. The content and mobility of copper, chromium and arsenic in the soil of a wood preserving plant using CCA. International Research Group on Wood Preservation 28<sup>th</sup> Annual Meeting, Whistler, Canada, 1997. IRG/WP 97-50148.
192. Zabel, R.A., Lombard, F.F., Wang, C.J.K. ve Terracina, F. Fungi associated with decay in treated southern pine utility poles in the Eastern United States. Wood and Fiber Science. 17(1)(1985):75-91.
193. Anonymous. TEDAŞ Genel Müdürlüğü, Ocak, 2003. [Http://www.tedas.gov.tr](http://www.tedas.gov.tr)
194. Mazela, B. Changes of copper and chromium content after leaching in wood impregnated with the CCB and CB preservatives. International Research Group on Wood Preservation 31<sup>st</sup> Annual Meeting, 2000. Kona, Hawaii, USA.
195. Mazela, B. Estimation of leachability of copper and chromium compounds from wood impregnated with the CCB and CB preservatives. Drevarsky Vyskum. 45(1)(2000):33-42.
196. Kihn, J. C., Mestdagh, M. M. ve Rouxhet, P. G. ESR study of copper (II) retention by entire cells, cell walls, and protoplasts of *Saccharomyces cerevisiae*. Canadian Journal of Microbiology. 33(1987):777-782.
197. Sutter, H. P., Jones, E. B. G. ve Walchli, O. Occurrence of crystalline hyphal sheaths in *Poria Placenta* (Fr.) Cke. Applied and Environmental Microbiology. 24(1985):19-23.
198. Avery, S. V., Howlett, N. G. ve Radice, S. Copper toxicity towards *Saccharomyces cerevisiae*: dependence on plasma membrane fatty acid composition. Applied and Environmental Microbiology. 62(1996):3960-3966.

199. Cervantes, C. and Corona, F. G.. Copper resistance mechanisms in bacteria and fungi. FEMS Microbiology Reviews. 14(1994):121-138.
200. Sutter, H. P. ve Jones, E. B. G. Interaction copper and wood degrading fungi. B.W.P.A Annual Convection. UK, 1985.
201. Young, G. Y. Copper tolerance of wood-rotting fungi. USDA, Forest Products Lab. Report no: 2223. Madison, WI, 1961.
202. Da Costa, E. W. B., ve Kerruish, R. M. Tolerance of *Poria* species to copper-based wood preservatives. Forest Products Journal. 4(1964):106-112.
203. Lewi, M. P. The mechanism of action of copper-chrome-arsenate preservatives against wood-destroying fungi. B.W.P.A Annual Convection. 113-127, London, UK, 1969.
204. Shimada, M., Akatmatsu, Y., Ma, D. B. ve Takahashi, M. New biochemical; aspects of oxalic acid production and decomposition by wood destroying fungi. 5<sup>th</sup> International Conference on Biotechnology in the Pulp and paper Industry, 1992. Kyoto, Japan.
205. Sutter, H. P., Jones, E. B.G., ve Walchli, O. The mechanism of Copper Tolerance in *Poria placenta* (Fr.)Cke. and *Poria vaillantii* (Pers.) Fr. Material und Oganismen. 18(4)(1983):241-262.
206. Bech-Anderson, J. Production and neutralization of oxalic acid produced by the dry rot fungus and other brown rot fungi. International Research Group on Wood Preservation 18<sup>th</sup> Annual Meeting, Stockholm, Sweden,1987. IRG/WP 87-1330.
207. Illman, B.L.; Meinholtz, D.C. ve Highly, T. L. Generation of hydroxyl radical by the brown rot fungus, *Postia placenta*. International Research Group on Wood Preservation 19<sup>th</sup> Annual Meeting, Sweden,1988. IRG/WP 88-1360.
208. Schmidt, C. J.; Whitten, B. K. ve Nicholas, D. D. A proposed role for oxalic acid in non-enzymatic wood decay by brown rot fungi. AWPA. 77(1981):157-164.
209. Hyde, S. M. ve Wood, P. M. A model for attack at a distance from the hyphae based on studies with the brown rot *Coniophora puteana*. International Research Group on Wood Preservation 26<sup>th</sup> Annual Meeting, Sweden, 1995. IRG/WP 95-10104.
210. Green III, F.; Clausen, C. A.; Larsen, M. J. ve Highly, T. L. Immuno-scanning electron microscopic localization of extracellular wood-degrading enzymes within the fibrillar sheath of the brown rot fungus *Postia placenta*. Canadian Journal of Microbiology. 38(1992):898-904.
211. Shimada, M.; Akamatsu, Y.; Otha, A. ve Takahashi, M.. Biochemical relationships between biodegradation of cellulose and formation of oxalic acid in brown rot decay. International Research Group on Wood Preservation 22<sup>nd</sup> Annual Meeting, Sweden, 1991. IRG/WP 91-1472.

212. Connolly, J. H. ve Jellison, J. Oxalate production and calcium oxalate accumulation by *Gloeophyllum trabeum* in buffered cultures. International Research Group on Wood Preservation 25<sup>th</sup> Annual Meeting, Sweden, 1994. IRG/WP 94-10075.
213. Dutton, M. V.; Evans, C. S; Atkey, P. T. ve Wood, D. A. Oxalate production by Basidiomycetes, including the white-rot species *Coriolus versicolor* and *Phanerochaete chrysosporium*. Applied Microbiology and Biotechnology. 39(1993):5-10.
214. Chou, G. K.; Chandler J. A. ve Preston, R. D. Uptake of metal toxicants by fungal hyphae colonising CCA-impregnated wood. Wood Science and Technology. 7(1973):206-211.
215. Morrell, J. J. Copper tolerant fungi: a brief review of their effects and distribution. American Wood Preservers' Association reprints (1989) Appendix B. Madison, WI, 1989.
216. Daniel, G. F. ve Nilson, T. Studies on preservative tolerant species. International Biodeterioration. 24(1988):327-335.
217. Duncan, C. G. Evaluating wood preservatives by soil-block tests: 10. Effect of species of wood on preservative threshold values. Proceedings American Wood Preserver's Association. 54(1958):172-177.
218. Williams, G. R. ve Fox, R. F. The control of copper tolerant basidiomycete fungi in preservative treated wood in ground contact. Proceeding American Wood Preservers' Association. 90(1994):156-176.
219. Green III, F. ve Clausen, C.A. Oxalic acid production of fifteen brown-rot fungi in copper- citrate- treated southern yellow pine. International Research Group on Wood Preservation 32<sup>nd</sup> Annual Meeting. Nara, Japan, 2001. IRG/WP 01-40112
220. Clausen, A.C. ve Green III, F. Oxalic acid overproduction by copper-tolerant brown-rot basidiomycetes on southern yellow pine treated with copper-based preservatives. International Biodeterioration and Biodegradation. 51(2003):139-144.
221. Green III, F. ve Clausen, C.A. Copper tolerance of brown-rot fungi: time course of oxalic acid production. International Biodeterioration and Biodegradation. 51(2003):145-149.
222. Hingston, J.A, Moore, J., Bacon, A., Lester, J.N., Murphy, R.J. ve Collins, C.D. The importance of the short-term leaching dynamics of wood preservatives. Chemosphere. 47(2002):517-523.

223. Haloui, A. ve Vergnaud, J.M. Study of release in water chemicals used for wood preservation. Effect of wood dimensions. Wood Science and Technology. 31(1997):51-62.
224. Forsyth, P.G. ve Morrell, J.J. Hexavalent chromium reduction in CCA-treated sawdust. Forest Products Journal. 40(6)(1990):48-50.
225. Becher, G.G, Oestvold, P.P. ve Seep, H.M. Complexation of copper by aquatic humic matter studied by reserve-phase liquid chromatography and Atomic absorption spectroscopy. Chemosphere. 12(9/10)(1983):1209-1215.





## ÖZGEÇMİŞ

03.03.1972 tarihinde Erbaa'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erbaa'da, lise öğrenimini Tokat Gaziosmanpaşa Lisesinde tamamladıktan sonra 1988 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne kaydoldu. 1991-1992 eğitim-öğretim yılı sonunda lisans öğrenimini Bölüm ikincisi olarak tamamlayarak mezun oldu. 1992-1993 eğitim-öğretim yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstrisi Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde lisansüstü öğrenimine başladı ve 07.06.1993 tarihinde K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü kadrosuna Araştırma Görevlisi olarak atandı. Yüksek Öğrenim Kurulu tarafından yapılan merkezi sınavda başarılı olarak yurtdışında yüksek lisans ve doktora yapmaya hak kazandı ve Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi kadrosuna atandı. 1994 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde 6 ay süreyle gittiği İngilizce kursunu tamamladıktan sonra Texas A&M Üniversitesinde yüksek lisans öğrenimine başladı. Aralık 1996'da yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 1997-1999 yılları arasında Oregon State Üniversitesinde çeşitli projelerde araştırmacı olarak görev aldı. Şubat 2000 tarihinde K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstrisi Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde doktora öğrenimine başladı. Halen araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve İngilizce bilmektedir.