

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOLEMANİT ESASLI BOR ÇUBUKLARININ AHŞAP YAPI
ELEMANLARINDA KULLANIMININ İNCELENMESİ

Melek ÇORDAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

Eş Danışman

Doç. Dr. Evren TERZİ

Mart, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOLEMANİT ESASLI BOR ÇUBUKLARININ AHŞAP YAPI
ELEMENLARINDA KULLANIMININ İNCELENMESİ**

Melek ÇORDAN tarafından hazırlanan tez çalışması 19.03.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Doç. Dr. Evren TERZİ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Eş Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Osman İSMAİL, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. S. Nami KARTAL, Üye

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Danışmanım Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Kolemanit Esaslı Bor Çubuklarının Ahşap Yapı Elemanlarında Kullanımının İncelenmesi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Melek ÇORDAN

İmza



Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'nın 1160149 numaralı projesiyle ve Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK)'nın FLY-2017-2109 numaralı projesi tarafından desteklenmiştir.



Aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında kolemanit esaslı bor çubuklarının, ahşap koruma amacıyla yerinde bakım uygulamalarında koruyucu madde olarak kullanımı incelenmiştir. Tez çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen hocalarım Sayın Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN'e ve Sayın Doç. Dr. Evren TERZİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamı, Tübitak Projesi kapsamında gerçekleştirme fırsatını sunan ve deneysel çalışmalarında tecrübelerinden faydalandığım Sayın Hocam Prof. Dr. S. Nami KARTAL'a teşekkürlerimi sunarım. Bununla beraber deneysel çalışmaları beraber yürüttüğümüz proje ekip arkadaşım Kimya Mühendisi Seçil AYDIN'a teşekkür ederim. Prototif bor çubuklarının üretilmesi aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve emeklerinden dolayı REMSAN A.Ş. Arge Birimi şefi Sayın Fehmi KULA'ya teşekkürü borç bilirim.

"Bor Minerallerinden Hazırlanacak Bor Çubuklarının Odun İçerisinde Difüzyon Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi", adlı TÜBİTAK Projesi (116O149) kapsamında gerçekleştirdiğim tez çalışmamı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na ve "Kolemanit Esaslı Bor çubuklarının Ahşap Yapı Elemanlarında Kullanımının İncelenmesi" adlı yüksek lisans tezi projemi destekleyen Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (YTÜ BAPK)'üne teşekkürlerimi sunarım.

Kolemanit mineralini temin ettiğim ETİMADEN işletmelerine, çubuk seri üretiminde birlikte çalıştığımız REMSAN A.Ş.'ye, İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Orman Endüstri Mühendisliği Marangoz Atölyesi çalışanlarına ve Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarına ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana her konuda güvenen ve desteklerini esirgemeyen Sevgili annem Şaduman CORDAN'a ve Sevgili babam Mustafa CORDAN'a sonsuz şükranlarımı sunarım. Her zaman yanımda olan biricik teyzem Fatma Yeliz BALA'ya ayrıca teşekkür ederim.

Melek ÇORDAN

SİMGE LİSTESİ.....	X
KISALTMA LİSTESİ.....	XI
ŞEKİL LİSTESİ.....	XII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	XIV
ÖZET.....	XV
ABSTRACT.....	XVII
1 Giriş.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	4
1.3 Hipotez.....	5
2 Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları.....	6
2.1 Bor Minerali ve Genel Özellikleri.....	6
2.2 Bor Minerallerinin Kullanım Alanı.....	9
3 Ağaç Malzeme ve Emprenye.....	13
3.1 Ağaç Malzeme.....	13
3.2 Ağaç Malzemenin Bozunması.....	15
3.3 Ahşap Malzemeyi Koruma Yöntemleri.....	17
3.4 Emprenye Yöntemleri.....	17
3.4.1 Basıncsız Emprenye Yöntemi.....	18
3.4.1.1 Fırça ile Sürme, Püskürtme ve Kısa Süreli Batırma Yöntemi.....	19
3.4.1.2 Difüzyon Yöntemi ile Emprenye.....	20
3.4.1.3 Sulama (Deluging) Yöntemi.....	20
3.4.1.4 Uzun Süreli Batırma Yöntemi.....	21

3.4.1.5	Açık Kazanda Sıcak ve Soğuk Yöntemi.....	21
3.4.2	Basınçlı Emprenye Yöntemleri.....	21
3.4.2.1	Dolu Hücre Yöntemi.....	22
3.4.2.2	Boş Hücre Yöntemi.....	22
3.5	Ahşap Korumada Bor Bileşiklerinin ve Minerallerinin Yeri.....	22
4	Daha Önce Yapılan Çalışmalar.....	25
5	Deneysel Çalışmalar.....	31
5.1	Hammaddeler, Kimyasallar ve Ekipmanlar.....	31
5.1.1	Kolemanit Minerali.....	31
5.1.2	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris L.</i>).....	32
5.1.3	Etilen Glikol.....	32
5.1.4	Nitrik Asit.....	33
5.1.5	Tek Vidalı Ekstrüder.....	33
5.1.6	Laboratuvar Malzemeleri.....	34
5.2	Enstrümental Analiz Cihazları.....	34
5.2.1	X-ışını Kırınım Analizleri.....	34
5.2.2	ICP-OES (Shimadzu ICPE 9000).....	35
5.3	Deneysel Yöntem.....	35
5.3.1	Kolemanit Mineralinin Hazırlanması.....	36
5.3.2	Çubuk Hamurunun Hazırlanması ve Çubuk Üretimi.....	36
5.3.3	Ahşap Blokların Hazırlanması.....	37
5.3.4	Kolemanit Çubuklarının Ahşap Bloklara Yerleştirilmesi.....	38
5.3.5	Ahşap Bloklarda Bor Elementi Yayılımının Miktar Tayini.....	39
6	Sonuçlar ve Tartışma.....	43
6.1	Kolemanit Mineralinin Kristal Faz Özellikleri.....	43
6.2	Bekleme Süresi Sonrası Odun Örneklerinin Rutubet Miktarları.....	43

6.3 Odun Örneklerinin 1, 2 ve 3 Nolu Analiz Bölgelerinde Belirlenen Bor Element Miktarları.....	46
7 Genel Değerlendirme ve Öneriler.....	59
Kaynakça.....	60
Tezden Üretilmiş Yayınlar.....	66



SİMGE LİSTESİ

As	Arsenik
N	Azot
Cu K α	Bakır K alfa tüpü
B	Bor
Zn	Çinko
dk	Dakika
F	Flor
P	Fosfor
g	Gram
H	Hidrojen
Ca	Kalsiyum
kg	Kilogram
kV	Kilovolt
Cl	Klor
w/w	Kütlece Ağırlık
Cr	Krom
μm	Mikron
mm	Mili metre
ml	Mililitre
mA	Miliamper
O	Oksijen
s	Saniye
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat
cm	Santimetre
Na	Sodyum
θ	Teta Açısı
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

ASTM	American Society for Testing and Materials
BFCA	Bor, Flor, Krom ve Arsenik
BAE	Borik Asit Eşdeğerleri
DTA-TG	Diferansiyel Termal Analiz / Termal Gravimetri
DOT	Disodyum Oktaborat Tetra Hidrat
EPA	Enviromental Protection Agency
EG	Etilen Glikol
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
ICP-MS	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometresi
LDN	Lif Doygunluk Noktası
RUP	Restricted Use Pesticides
RM	Rutubet Miktarı
TS-EN	Türk Standartları Estitüsü -Europeane Norm
MITC	Metilizotiyosiyanat

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 (a) Bir Granül Fumigant Önceden Paketlenmiş Bir Buhar Geçirgen Membran (b) Metal Bir Tüp İçinde Kapsüllü Bir Katı Fümigant. Kapak Kurulumda Çıkarılır	21
Şekil 2.1 Borun Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı	27
Şekil 3.1 Olgun Bir Ağaç Gövdesinin Enine Kesiti.....	32
Şekil 3.2 Toprak Altı Termitleri	34
Şekil 3.3 Biçilmiş Ağaç Malzemenin Kısa Süreli Batırma Yöntemi ile Emprenyesi Edilmesi.....	37
Şekil 3.4 Basınçlı Emprenye Yöntemi	39
Şekil 3.5 Ahşap Koruma Kullanılan Katı Bor Çubukları.....	42
Şekil 4.1 1.5 cm Aralıklar Dilimlenmiş Odun Örnekleri.....	44
Şekil 5.1 Deneyler için Hazırlanmış Ahşap Bloklar.....	50
Şekil 5.2 (a) Tek Vidalı Ekstrüder (b) Üretilen Kolemanit Çubukları.....	52
Şekil 5.3 DeneySEL Yöntem Akış Şeması.....	54
Şekil 5.4 (a) Kalıplı Ekstrüder ile Kolemanit Katı Çubuk Üretimi (b) Kalıplı Ekstrüder Makinasından Çıkan Kolemanit Çubukları.....	55
Şekil 5.5 (a) Su ile Doygun Hale Getirilen Ahşap Bloklar (b) Denge Rutubeti için Örneklerin Etüvde Kurutulması.....	56
Şekil 5.6 Parafinlenmiş Ahşap Bloklar.....	56
Şekil 5.7 (a) Çubuk Yerleştirmeye Hazır Ahşap Blok Örnekleri (b) Kolemanit Çubuğunun Ahşap Bloklara Yerleştirilmesi (c) Ahşap Bloklara 1 ml Etilen Glikol İlave Edilmesi.....	57
Şekil 5.8 Numuneler 7, 30, 60 ve 90 Gün Kadar Desikatör İçerisinde Kondisyonlama Odalarında Bekletilmiştir.....	57
Şekil 5.9 (a) Ahşap Bloklar Enine İkiye Bölünüp Ardından (b) Belirlenmiş 1,2 ve 3 Nolu Bölgeden Kesit Alınmıştır.....	58
Şekil 5.10 (a) Öğütülmeyi Bekleyen Odun Örnekler (b) Bilyeli Odun Öğütme Cihazı (c) Öğütülmüş Örnekler.....	59
Şekil 5.11 Anton Paar Mikrodalga Çözümleme Cihazı.....	59
Şekil 6.1 Kolemanit Mineralinin XRD Paterni.....	61
Şekil 6.2 Sarıçam Odunu Analiz için Üç Parçaya Bölünmüştür.....	65

Şekil 6.3 (a) Kolemanitin Diri Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Diri Odun Örneklerinde Kolemanit Dağılımı.....	65
Şekil 6.4 (a) Kolemanitin Öz Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Öz Odun Örneklerinde Kolemanit Dağılımı.....	66
Şekil 6.5 (a) Kolemanit/EG Diri Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Diri Odun Örneklerinde Kolemanit/EG Dağılımı.....	67
Şekil 6.6 (a) Kolemanitin/EG Öz Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Öz Odun Örneklerinde Kolemanit/EG Dağılımı.....	68
Şekil 6.7 (a) DOT'un Diri Odun, İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Diri Odun DOT Dağılımı.....	69
Şekil 6.8 (a) DOT'un Öz Odun, İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Öz Odun DOT Dağılımı.....	70
Şekil 6.9 (a) DOT/EG Diri Odun İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (%BAE) (b) Diri Odun Örneklerinde DOT+EG Dağılımı.....	71
Şekil 6.10 (a) DOT/EG Öz Odun İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Bor Miktarı İlişkisi (%BAE) (b) Öz Odun Örneklerinde DOT+EG Dağılımı.....	72

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Bazı Bor Minerallerinin B_2O_3 Yüzdeleri.....	24
Çizelge 2.2 Ekonomik Açıdan Önemli Bazı Bor Mineralleri.....	25
Çizelge 2.3 Dünya Bor Rezervi.....	26
Çizelge 2.4 Sanayide Kullanılan Bor Bileşikleri	29
Çizelge 4.1 Odun Örneklerindeki Nem Miktarı	45
Çizelge 5.1 Öğütölmüş 45 Mikron Kolemanit Minerali İçeriğı.....	49
Çizelge 5.2 Etilen Glikolun Fiziksel Özellikleri	51
Çizelge 5.3 Nitrik Asidin Fiziksel Özellikleri.....	51
Çizelge 5.4 XRD Analiz Parametreleri.....	53
Çizelge 6.1 Bekleme Sürelerinde Odun Örneklerinin Sahip Oldukları Rutubet Miktarlar.....	63
Çizelge 6.2 Birinci İnceleme Bölgesi Karşılaştırılması.....	74
Çizelge 6.3 İkinci İnceleme Bölgesi Karşılaştırılması.....	75
Çizelge 6.4 Üçüncü İnceleme Bölgesi Karşılaştırılması.....	76

Kolemanit Esaslı Bor Çubuklarının Ahşap Yapı Elemanlarında Kullanımının İncelenmesi

Melek ÇORDAN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİĞEN

Eş-Danışman: Doç. Dr. Evren TERZİ

Ahşap yapı elemanlarının zamanla oluşan biyotik ve abiyotik koşullardan kaynaklı problemlerin önlenmesi amacıyla özellikle yerinde bakım uygulamaları ile hizmet ömürlerinin uzatılması sağlanmaktadır. Günümüzde yerinde bakım uygulamalarında bor içerikli koruyucu maddeleri fungusit etki, insektisit etki, yanmaya karşı dayanıklılık sağlama ve memelilere karşı düşük toksitite özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Bor bileşiklerinin çubuk, toz, jel, sıvı ve macun formlarında kullanımları mevcuttur.

Bu tez çalışmasında, ahşap yapı elemanlarının yerinde bakım işlemlerinde uygulanabilecek kolemanit esaslı bor çubuklarının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Bigadiç bölgesinden temin edilen kolemanit minerali ekstrüzyon yöntemi ile çubuk formuna dönüştürülüp % 30, % 60 ve % 90 bağıl nem düzeyindeki sarıçam odunlarına yerleştirilip zamanla odundaki bor yayılım miktarı araştırılmıştır. Odun örneklerindeki inceleme bölgesi, bekletme süresi, rutubet miktarı ve etilen glikol uygulamasına bağlı olarak bor yayılımı yüzde borik

asit eş değeri (% BAE) olarak hesaplanmış ve ağaç malzemenin biyolojik bozunmaya karşı korunmasında minimum bor elementi eşik değeri olarak kabul edilen % 0,1 BAE değeri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, kolemanit esaslı bor çubuklarının gerek dış maksatlı gerekse bina iç uygulamalarda yerinde bakım işlemlerinde kullanılabileceği tespit edilmiştir.



Investigation of the Use of Colemanit-Based Boron Rods in Wooden Building Elements

Melek ÇORDAN

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

Co-advisor: Assoc. Prof. Dr. Evren TERZİ

In order to prevent the problems caused by biotic and abiotic conditions over time, wooden building elements are provided with on-site maintenance applications (remedies treatments) to extend their service life. Today, boron-containing protective agents are extensively preferred because of their fungicidal, insecticidal effects, fire resistance and low mammalian toxicity properties. Boron compounds are commercially available in rod, powder, gel, liquid and paste forms.

In this thesis, the usability of colemanit-based boron rods which can be applied easily in the maintenance processes (remedial) of wooden building elements was investigated. For this purpose, colemanite powder were obtained from Bigadiç Region was transformed into rods form by using a single screw extruder and placed in pine wood specimens. Boron rods placed wooden specimens were kept at 30%, 60% and 90% relative humidity levels and the boron distribution rate was investigated over time. The boron concentration was calculated as a percentage of boric acid equivalent value (% BAE) depending on the observation zone,

application duration, moisture content and ethylene glycol application in wood samples and compared with the value of 0,1% BAE, which is considered as the threshold value in the protection of wood against biological agents. As a result, it has been recommended to use colemanite based boron rods as alternative remedial for wooden products used indoor and outdoor.



1.1 Literatür Özeti

Günümüzde, geniş kullanım alanına sahip ahşap yapı elemanlarının zararlı etkenlere karşı korunması, bu yapıların hizmet ömürlerinin uzatılmasında büyük önem taşımaktadır. Herhangi bir işleme tabi tutulmamış organik yapıya sahip ahşap malzeme, biyotik ve abiyotik koşullardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Biyotik koşulların ahşap üzerindeki olumsuz etkisi; mantarlar, bakteriler, böcekler ve deniz zararlıları gibi organizmalar tarafından tahrip edilmesidir. Abiyotik koşullarının olumsuz etkileri ise havada bulunan kimyasal gazlar, güneş ışığı (UV radyasyonu), yağmur, ıslanma ve kurumadan kaynaklı renk kaybı ve çatlamlar sonucu yüzeyin yavaş yavaş aşınması (weathering) şeklinde sıralanabilir. Bunlar dışında ağaç malzeme fiziksel ve kimyasal degradasyona uğramakta ve bu faktörlerden kaynaklı her yıl büyük maddi kayıplar yaşanmaktadır. Ancak, bu olumsuz koşullar altında zamanla tahrip olan ve bozunma riski taşıyan ahşap yapıların zehir etkisi yaratan çeşitli kimyasallar ile uygulanan yöntemler ve geliştirilen koruma metotları ile hizmet ömürleri uzatılabilmektedir [1, 2].

Ahşap yapılarda tahrip ve bozunma çoğunlukla yapının toprak zeminle, yüksek rutubetle doğrudan temas eden bölgelerinde, baca kenarları, havalandırma boşluklarında kullanılan, çürüklük başlangıcı olan yapılarda, tavan arası ve çatı katı elemanlarında, döşeme malzemesinde, kapı-pencere doğramada, dış cephe doğramada ve kaplamada, veranda ve balkon gibi yerlerde kullanılan yapılarda görülmektedir [3]. Yapısal durumu ortaya konan ahşap yapı elemanları ya tamamen binadan çıkartılıp yeni malzeme ile değiştirilir ya da uygun emprenye metot ve maddeleri ile müdahale edilerek hizmet ömürleri uzatılabilmektedir [2, 4]. Emprenye, malzemenin yapısına ve kullanım yerine uygun yöntemle sıvı karakterde koruyucu maddenin malzemeye emdirilmesi işlemidir [2]. Ağaç malzemenin, kesildikten 1-2 gün sonra odunu degrade eden ve bozan zararlı

organizmalar (mantar, bakteri, böcek vb.) tarafından istilaya uğramaktadır. Emprenye işleminin doğru ve zamanında uygulanmasıyla böceklere karşı tam koruma sağlanırken, biçimlendirme işlemi sırasında enfeksiyon çatlaklardan yapıya sızarak mücadeleyi zorlaştırır. Bu durumlar göz önüne alındığında emprenye uygulaması ahşap elemanların esas olarak “bozunmamış-sağlam” olduğu durumlarda söz konusu olduğu görülmektedir. Koruma teknolojisinin temel amacı bakım ve onarım işlemleri sırasında yapının dokusunu korumak ve dokunun değişimini en aza indirmektedir. Bu yöntemde genellikle koruyucu sıvı karakterli, macun/jel ve katı veya toz karakterli çubuk formları kullanılmaktadır [5].

Günümüzde, ahşap malzemenin yerinde bakımı yaygın olarak tercih edilen uygulamalardır. Bu uygulama şekli sayesinde ahşap malzemenin bulunduğu yerden taşınmadan koruma ve bakımı sağlanmaktadır. En sık uygulandığı yerler kütük evler ve benzeri yapılar; ahşap pencere ve her türlü ahşap doğramalar; ahşap konstrüksiyonlar ve bağlantı elemanları; ahşap dikme ve kolonlar; tarihi ahşap yapıların iç ve dış kısımlarında bulunan her türlü ahşap elemanlar; taş veya duvara desteklenen ahşap elemanlar; telekomünikasyon direkleri; çitler ve ahşap köprü elemanları olarak sıralanabilmektedir [6]. Bu ahşap yapıların iç kısmında oluşan çürükler yıllardır süregelen bir problemdir. Farklı şartlardan dolayı çok sayıda ağaç malzeme uzun süreler çürüme riski ile karşı karşıya kalabilmektedir. Önemli ilk zararlar hizmet süresi içerisinde ortaya çıkar. Uygun spesifikasyonlar kullanılarak meydana gelen zararlar kontrol altına alınabilmektedir [7, 8]. Bu spesifikasyonlar genellikle koruma amaçlı ön işlemleri içermektedir. Dünyada odun iç tarafındaki çürüklüğü kontrol altına almada kullanılan 2 farklı uygulama mevcuttur. Kuzey Amerika’da dikkat çeken iç taraftaki çürüklükler için en yaygın kullanılan uygulama fumigantlardır [9]. İkinci uygulama ise bor ve florür gibi suda çözünen bileşikler içeren sistemlerdir [10, 11, 12].

Fumigantlar, yerinde bakım uygulamalarında kullanılan kimyasallardır. Katı ve sıvı halde kullanımı mevcuttur. Etkin maddeyi difüzyondan çok daha uzak mesafelere taşıyabilmektedir. Genellikle büyük kütük ve kerestelerde kullanılmaktadır. Bu kimyasallar son derece etkilidir.

Granül fumigant formülasyonları, sıvı metam sodyum ile karşılaştırıldığında nispeten kolay kullanım sağlar ve aynı zamanda daha yüksek bir aktif bileşen yüzdesi içerir [5]. Bununla birlikte, sıvılardan daha yavaş methylothiocyanate (MITCH) üretmek için ayrışır ve bazı durumlarda ayrışmayı teşvik etmek için sıvı katkı maddeleri de işlem deliğine ilave edilirler (Şekil 1.1).



(a)

(b)

Şekil 1.1 (a) Bir Granül Fumigant Önceden Paketlenmiş Bir Buhar Geçirgen Membran (b)Metal Bir Tüp İçinde Kapsüllü Bir Katı Fümigant. Kapak Kurulumda Çıkarılır [5]

Yerinde bakım uygulamalarında tercih edilen ikinci uygulama ise bor ve florür gibi suda çözünen bileşikler içeren sistemlerdir [5].

Sodyumflorür, ahşap yapılarda difüzyonla korumada macun formülasyonu, sıvı bileşen ve katı çubuk formları yaygın olarak kullanılmaktadır. Mantarlara karşı etkili olmasına rağmen böceklerle karşı etkili değildir. Aynı şekilde bazı bor türleride difüzyon olabilen koruyucu maddeler olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [5].

Bor bileşikler, yerinde bakım işlemlerinde önem kazanan bileşikler olmuşlardır. ABD’de bu çubuklar EPA tarafından tescil edilen bileşiklerdir. Benzer olarak Avustralya’da da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bugüne kadar bor çubukları ile yapılan çalışmalar bor elementi yayılması ve tel direklerinde kullanımı vb. alanlarda yoğunlaşmıştır. Fakat bor minerallerinden doğrudan üretilen bor çubuklarından ve doğrudan bor minerallerinden bor yayılımı, difüzyon ve yıkanma çalışmaları bulunmamaktadır [19].

Borun insana karşı düşük toksite değerine sahip olması, mantar ve böceklerle karşı etkili koruma sağlaması, rutubetli odunda difüze olabilme yeteneği, toz, jel, macun, sıvı çözelti ve çubuk formda kullanılabilmesi, kokusuz, renksiz ve seyreltildiklerinde genellikle bitmiş sonraki uygulama ile karışmaması boru diğer koruyucu maddeler göre avantajlı hale getirilmiştir [5].

Yapıdaki bor konsantrasyonu bazen borik asit eşdeğerleri (BAE, kg/m³) veya borik asit eşdeğerleri yüzdesi (BAE,%) olarak bildirilsede aktif maddelerin konsantrasyonu genellikle disodyum oktaborat tetrahidratın (DOT) bir yüzdesi olarak ifade edilir [5].

Yapılan çalışmalara bakıldığında ahşap korumada son olarak bor mineralleri kullanılmıştır [14]. Bu son etkili işlem olan bor ile ilgili çok sayıda performans verisi mevcut iken odunun rutubet içeriği ve odun içerisindeki kimyasal göç ile ilgili az veri mevcuttur [15, 16, 17].

Bor elementinin odun içerisinde difüzyonu odunun rutubet miktarına önemli derecede bağlıdır [17]. Bundan yola çıkarak bor difüzyonunun rutubetli bölgelerde yüksek olmasını beklemek olağandır. Yayılımı etkileyen diğer faktörler ise sıcaklık, odunun kalınlığı, difüzyon zamanı, difüzyon yönü ve odunun yoğunluğudur. Ahşap ile ilgili olarak da diri odun/ öz odun faktörü, yaz odunu/ilkbahar odunu katılım oranı, reçine, ekstraktif madde varlığı vb. faktörler bor yayılımında etkili olmaktadır [5].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, biyotik ve abiyotik koşullardan olumsuz yönde etkilenen ahşap yapı elemanlarının hizmet ömürlerinin uzatılmasında kullanılması için üretilen kolemanit esaslı çubuklarının üretimi ve sarıçam odunundaki uygulanabilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ETİMADEN İşletmelerinden temin edilen kolemanit (öğütülmüş parça büyüklüğü 45 mikron) minareli kalıplı ekstrüder yardımıyla seri olarak kolemanit esaslı çubuklar üretimi, üretilen çubukların farklı bağıl nem dengelerinde hazırlanmış sarıçam odununa yerleştirilerek 7 gün, 30 gün, 60 gün ve 90 gün boyunca 20°C'de kondisyonlama odalarında bekletilmesi ve kondisyonlanma sonrası ahşap numunenin öz ve diri

odun kısımlarının farklı üç bölgesinden alınan numunelerdeki bor element miktarı belirlenmesi olmak üzere üç ana bölüm altından tez çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

1.3 Hipotez

Bu tez çalışması öncesi gerçekleştirilen literature araştırması sonucunda ahşap yapıların korunmasında alternatif yöntem olarak uygulanan yerinde bakım işlemlerinde daha önce kullanılmayan kolemanit esaslı bor çubuklarının çubuk formuna dönüştürülebileceği, bu çubukların zamanla ahşap yapı içerisinde biyolojik bozunmaya karşı etkili koruma sağlayan minimum %BAE eşik değerine ulaşabileceği sonucuna varılmıştır.

Kolemanit mineralinden harc hazırlanması esnansında en doğru oranın 0,18 ml su/ g kolemanit minerali olduğuna karar verilmiştir. Hazırlanan harc en iyi şekilde kalıplı ekstrüder makinesi ile seri olarak çubuk formuna dönüştürülmüştür. Ahşap bloklar, bor mineralinin su ile taşınım özelliğinden dolayı %30, %60, %90 bağıl nem düzeyine getirilmiştir. Ahşap blokların nem düzeyinin değişmemesi için parafinlenmiş ve delik üzeri bantlanıp kapalı kaplar içerisinde bekletilmiştir. Fakat alınan bu önlemlere rağmen bekleme süresi uzadıkça ahşabın nem miktarında düşüşün meydana geldiği görülmüştür.

Etilen glikolün, kolemanit esaslı çubuklar ile birlikte uygulama deliklerine yerleştirilmesi hem diri hem de öz odun örneklerinde bor yayılımına katkı sağlamıştır. Dış maksatlı uygulamalarda deliklere birden fazla işlem çubuklarının yerleştirilmesi gerek nüfuz edecek B element miktarının artmasına ve gerekse reservoir etkisi yaratabilme potansiyalinden dolayı etkin bir uygulama olabileceği kararına varılmıştır.

2.1 Bor Minerali ve Genel Özellikleri

Bor elementi, periyodik tablonun üçüncü grubunun baş elementi, simgesi B, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81, ergime noktası yaklaşık 2190 °C olan elementtir [23]. Bor tabiatta serbest olarak bulunmadığı halde 150'den fazla mineralin bileşiminde yer alır. Bor mineralleri, yapısında farklı oranlarda bor oksit (B_2O_3) içeren bor bileşikleridir. Ticari olarak önem taşıyan bazı bor mineralleri tinkal, kolemanit, üleksit ve kernittir. Çizelge 2.1'de önemli bor minerallerinin içerdikleri farklı bor oksit yüzdeleri verilmiştir [24].

Çizelge 2.1 Bazı Bor Minerallerinin B_2O_3 Yüzdeleri [24]

Mineral adı	Kimyasal formül	B_2O_3 içeriği, %
Tinkal	$Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$	36.5
Tinkalkonit	$Na_2B_4O_7 \cdot 4 H_2O$	48.8
Kernit	$Na_2B_4O_7 \cdot 4 H_2O$	51.0
Kolemanit	$Ca_4B_6O_{11} \cdot 5 H_2O$	50.8
Pandermit	$Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7 H_2O$	49.8
Üleksit	$NaCa B_5O_9 \cdot 8 H_2O$	43.0
Probertit	$NaCa B_5O_9 \cdot 5 H_2O$	49.6
Hidroborasit	$CaMgB_6O_{11} \cdot 6 H_2O$	50.5

Bor minerallerinin değeri genellikle içindeki % B_2O_3 ile ölçülmekte ve yüksek oranda B_2O_3 bileşiğine sahip olanlar daha değerli kabul edilmektedir. Ekonomik açıdan kalsiyum, sodyum ve magnezyum elementleri ile hidrat bileşikleri halinde bulunan bor mineralleri değerlidir. Çizelge 2.2’de ekonomik açıdan önemli olan bazı bor mineralleri ve % B_2O_3 içerikleri verilmektedir [20].

Çizelge 2.2 Ekonomik Açıdan Önemli Bazı Bor Mineralleri [20]

Yapı içeriği	Adı	Kimyasal formülü	B_2O_3 (%)
Sodyum	Tinkal	$Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$	36.5
Kalsiyum borat	Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	50.8
Sodyum-kalsiyum borat	Üleksit	$NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$	43.0

Dünya bor rezervinin %72.8’lik payını Türkiye oluşturmaktadır. İkinci kaynak ülke olarak Türkiye’yi %8 oranla Rusya takip etmektedir. Türkiye ve Rusya dışında Amerika ve ABD bor yatakları önemli bir yere sahiptir. Geri kalan payda Çin, Şili, Bolivya, Peru, Arjantin ve Sırbistan yer almaktadır (Çizelge 2.3).

Dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip ve en çok bor kimyasalları üretimini gerçekleştiren ülkemizde bor maden işletmesi 1979’a kadar kamu ve özel sektör tarafından yapılmış fakat daha sonra işletmesi kamu adına Eti Maden işletmelerine verilmiştir [23].

Ülkemizde özellikle Manisa ve Eskişehir arasında birçok bor yatağı bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları Kırka, Bigadiç, Bandırma ve Emet tesisleridir. Rezerv açısından en çok bulunan bor cevherleri kolemanit ($2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$) ve tinkal ($Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$)’dir. Türkiye’de önemli kolemanit yatakları Emet ve Bigadiç civarında, tinkal yatakları ise Kırka’da bulunmaktadır. Bunlara ek, Bigadiç’te az miktarda üleksit rezervi mevcut olup Kestelek’te zaman zaman yan ürün olarak üleksit elde edilmektedir [21, 22].

Çizelge 2.3 Dünya Bor Rezervi [23]

Ülkeler	Toplam Rezerv (Bin Ton B₂O₃)	Dağılım (%)
Türkiye	955.300	72.8
Rusya	100.000	7.6
A.B.D.	80.000	6.1
Çin	47.000	3.6
Şili	41.000	3.2
Sırbistan	24.000	1.7
Peru	22.000	1.7
Bolivya	19.000	1.4
Kazakistan	15.000	1.2
Arjantin	9.000	0.7
Toplam	1.312.300	100.0

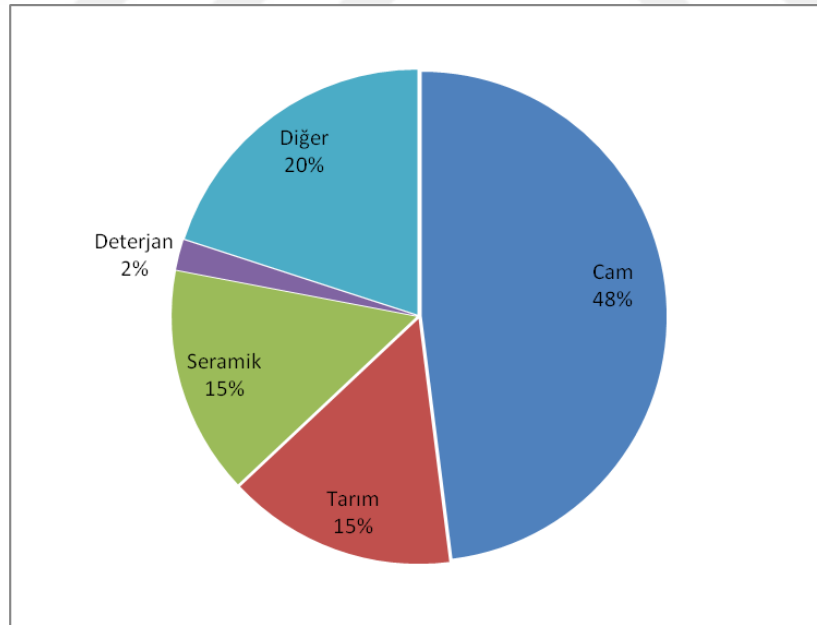
Doğada yaygın olarak bulunan kolemanit ($2\text{CaO}_3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) mineral bakımından zengin bir bor mineralidir. Bu mineralin %27,28'i CaO, %50,81'i B₂O₃ ; %21,91 H₂O'dur. Mohs sertliği 4-4.5 özgül ağırlığı 2.42 g/cm³ ve molekül ağırlığı 411.09 g'dır. İçerdiği B₂O₃ yüzdesi 50.8'dir. Renksiz, beyaz- yarı şeffaf haldedir. Camsı bir görünüşü vardır. Birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle cam ve seramik malzemelerde malzeme dayanımını en yüksek düzeye çıkararak kullanım ömrünü uzatmaktadır. Kolemanitin ayrıcalıklı özelliği diğer bor bileşiklerine oranla doğada daha yaygın olması, kristal formu, mükemmel dilinimi ve diğer boratlardan daha sert olmasıdır. Kurak iklim bölgelerinde boraks ile birlikte

oluşur. Türkiye’de çoktan aza Emet, Bigadiç, Kestelek’te bulunur, dünyada ise A.B.D.’de bulunmaktadır [25, 26, 27].

Tarımda verimli alanlar elde etmek amacıyla 2010 yılında boraks ve borikasit reaksiyonuyla profesyoneller tarafından geliştirilen Etidot-67 ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) %20.8 oranında bor ve %67 oranında borik asit içermektedir. Bitkilerin büyümesi ve gelişmesine yardımcı olan azot, fosfor ve potasyumu gübreden ve topraktan almaktadır. Suda hızlıca çözünmesiyle birlikte sağlıklı çiçeklenmede kolaylıkla kullanılabilir. Tarım endüstrisi için özel olarak Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları İşletme Müdürlüğü’nde üretilen Etidot-67 toprağa katı olarak ve yapraklara sıvı olarak püskürtme yöntemiyle tarım uygulamalarında kullanılmaktadır. Ahşap koruma ise böcek ve mantar gibi zararlı organizmalara karşı ahşabı korumak amacıyla tercih edilmektedir [28].

2.2 Bor Minerallerinin Kullanım Alanları

Bor elementi oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kullanım alanı dağılımı cam sanayisi %48, tarım %15, seramik %15, deterjan sektörü %2 ve diğer sektörler %20 şeklindedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Borun Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı [23]

Cam sanayisinde; çizilmelere, darbelere karşı dayanıklı olması, yansıtma özelliğini ve ışığı kırma özelliğini artırması, ısıya karşı dayanıklı olması gibi özelliklerinden faydalanılır [28].

Deterjan ve sabun sektöründe; sodyum perborat ile beyazlatıcı, boraks ile yumuşatıcı etkisinin kullanılmasının yanı sıra mikrop öldürücü etkiside yadsınamayacak kadar çoktur.

Nükleer enerji santrallerindeki atom reaktörlerinde bor içerikli çelikler, bor karbürler ve titanbor alaşımları kullanılmaktadır. Bu yapı elemanları ve malzemeleri her bir bor atomunun bir nötronu absorbe edebilmesi özelliğinden dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca atom reaktörlerinin kontrol sistemleri, soğutma havuzları ve reaktörün alarm ile kapatılmasında (B10) bor, nükleer atıkların depolanmasında kolemanit kullanılmaktadır [30].

Tarımda; kalite arttırmak ve büyümeyi hızlandırmak çürümeyi azaltma için bor içerikli gübreler kullanılmaktadır.

Savunma sanayisinde, kurşun geçirmez yeleklerde alev geciktirici özelliği sayesinde yanmaz kıyafet yapımında, duman bastırıcı özelliği sayesinde söndürme işlemlerinde, yakıt teknolojisinde, yakıt taşıma özelliğinden faydalanarak hidrojenin yakıt olarak kullanılmasını sağlamada kullanılmaktadır.

Gelecekte borun, 3 kat uzun ömürlü pillerin üretiminde kullanılacağı ve böylelikle elektrikli araçların pil gücü sorununun çözülmesi planlanmaktadır. Bir diğer kullanım alanı ağaç koruma endüstrisidir. Ahşap malzemenin böcek ve mantar istilasına uğramasını önlemek amacıyla etidot, borik asit gibi mineraller kullanılmaktadır. Ayrıca bor madenini diğer madenlerin yerine kullanılması üzerine araştırmalar devam etmektedir. Hafif olması, ısıya karşı dayanıklılığı ve enerji verimliliği sayesinde gelecekteki bora yapılacak düşkünlüğü açıklıyor. Bazı uygulamalarda bor mineralleri direkt olarak kullanılabilmesine rağmen üretilen miktarın çoğu katma değeri daha yüksek bor bileşiklerine dönüştürülür. Sanayide yaygın olarak kullanılan bor bileşiklerinden başlıcaları Çizelge 2.4'te verilmiştir [29, 30, 31, 32].

Çizelge 2.4 Sanayide Kullanılan Bor Bileşikleri [31]

Bileşik	Kimyasal Formülü
Boraks dekahidrat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Boraks pentahidrat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Susuz boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
Borik asit	H_3BO_3
Sodyum perborat tetrahidrat	$\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Sodyum perborat monohidrat	$\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Susuz borik asit	B_2O_3

Bor bileşiklerini ham bor ürünleri, rafine bor ürünleri ve uç bor ürünleri olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Ham bor ürünlerinin kullanılmadan önce, hemen hemen tamamı zenginleştirme işleminden sonra, parça ya da öğütülmüş konsantre haline getirilir. Tinkal konsantre, üleksit konsantre, kolemanit konsantre, öğütülmüş kolemanit, hidroborasit konsantre, szaybelit konsantredir. Ham bor ürünlerinin yaklaşık % 90'ı borik asit, boraks penta ve dekahidrat gibi rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmaktadır [33]. Rafine bor ürünleri ise temel kullanım alanları olarak, yangın geciktirici gereçler, cam, ve cam elyafı, seramik, sabun ve deterjan, nükleer uygulamalar, metalürji, ilaç ve kozmetik, elektronik ve bilgisayar sanayi dalları sıralanabilir [34, 35, 62]. Uç bor ürünleri ise ham ve rafine bor ürünlerinden elde edilirler. İleri teknoloji gerektirir. Uç ürünleri elementer bor, bor karbür, bor nitrür ve bor alaşımları şeklinde sıralayabiliriz [36].

Dünyada ve Türkiye'de üretilen bor cevherlerinin tamamına yakın bir kısmı zenginleştirme işlemlerinden sonra, ya parça halinde ya da öğütülmüş konsantre halde hazırlanır ve kullanılır. Cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemine (kırma, eleme, öğütme, yıkama, sınıflandırma) tabi tutulan bor cevherinden, gang minerallerinin uzaklaştırılması ve B_2O_3 içeriğinin yükseltilmesiyle teknolojik

olarak doğrudan veya dolaylı olarak kullanılabilir duruma getirilmesi sonucunda elde edilen ürünlere konsantre bor adı verilmektedir. Bunlar; tinkal konsantre, üleksit konsantre, kolemanit konsantre, öğütölmüş kolemanit ve hidroborasit konsantre'dir. Ham bor ürünlerinin %90'ı borik asit, boraks penta ve dekahidrat gibi rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmaktadır. Farklı amaç doğrultusunda cam elyafı (fiberglas), borosilikat cam, nükleer uygulamalar ve metalürjide kullanılmaktadır. Özellikle, borlu çelik yapımında kolemanit minerali, çelik üretiminde fluorit yerine üleksit ve kolemanit minerali tercih edilmeye başlanmıştır. Türkiye tinkal, üleksit ve kolemanit konsantreleri üretip, ihracat etmektedir. Türkiye bu satışlar ile dünya konsantre satışlarının (387000 ton B₂O₃) %80'nini karşılamaktadır. Dünya üleksit ve kolemanit konsantresi talebinin hemen hemen tamamını Türkiye karşılamaktadır [36].

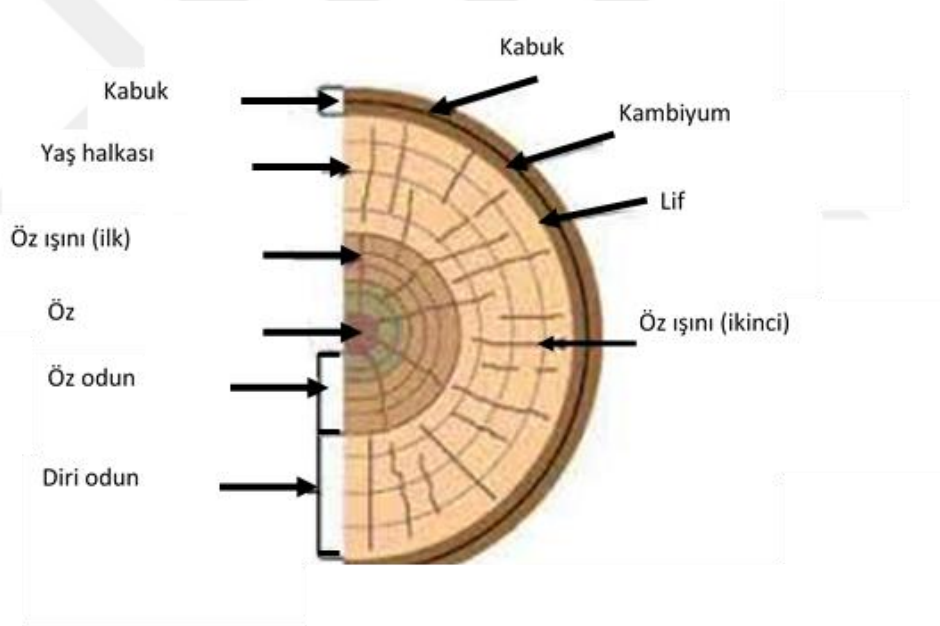
3.1 Ağaç Malzeme

Ağaç malzeme anatomik, fiziksel, mekanik özellikleri ve kimyasal yapısı bakımından farklılıklar gösteren doğal bir materyaldir [2]. Odunu oluşturan en önemli kimyasal maddeler; beyaz, güneşte renk değiştirmeyen oduna eğilme kabiliyeti veren ve ağaç içerisinde ağırlık olarak oranı, kuru odun ağırlığının % 50-60'ı kadar olan selüloz, ağaca sertlik veren, dik durmasını sağlayan ve basınca karşı dayanımını arttıran odunda % 14-23 oranında bulunan lignin, ve odun içerisinde %15-25 arası bulunan bir polisakkarit olan hidrolize olduklarında şekere dönüşen hemiselülozlardır. Bunların dışında katı ya da yarı akışkan, organik salgı maddesi reçine, dokuları oluşturan küçük yapıların yani gözelerin temel bileşiklerinden biri olan, bitkilerin dokularında bulunan, karbon, oksijen, azot, hidrojen ile kükürt bileşiminden oluşan, suda eriyen, akışkan ve yapışkan bir madde albümin, mum ve bazı boyalı maddeler de sayılabilir [38].

Ağacı oluşturan temel ögeleri kabuk, üreyimli tabaka kambiyum, odun, öz, öz ışınları, ışın kanalı, yaş halkaları ve damar doku şeklinde sıralayabiliriz. Kabuk; ağaç gövdesini dıştan saran en dışta ince bir zar orta kısımda mantar tabaka ve altta kitabe tabakasından oluşan bölümdür. Üreyimli tabaka kambiyum, kabuk ile dış odun arasındaki rutubetli ve kaygan tabakadır. Her yıl ilkbahar ve sonbaharda iki defa halkalar oluşturarak ağacın kalınlaşmasını ve büyümesini sağlar. Odun; özün etrafında ağaç kalınlığının yarısı çapında koyu, iç odunun etrafında kabuk dibine kadar olan iç odun ve dış odun diye iki kısımdan oluşmaktadır. Öz; zamanla çürüyen, ağacın fidan haldeki gövdesidir. Öz ışınları; ağacın dayanıklılığını azaltan, çok bulunması ağacın yaşlılığını gösteren öz kısmından kabuğa uzanan ince, parlak çizgilerdir. Işın kanalı; ağacın içinden yana doğru besleyici gıdaları taşıyan kanallardır. Yıllık yaş halkaları; kesit kenarlarına paralel olan bu halkalar ilkbaharda açık renkli, geniş ve yumuşak şekilde, sonbaharda ise koyu renkli, sert

ve ince olarak oluşmaktadır. Halkaların sayılmasıyla ağaç yaşı hesaplanabilir. Damar doku; çözünmüş şeker ve besleyici hormonları ağacın yapraklarından ağacın diğer bölgelerine taşıyan ince süngerimsi borucuklar tabakasıdır [39].

Odun, meristem doku, temel doku, iletim dokusu ve örtü dokusundan oluşmaktadır. Meristem doku, primer ve seconder meristem diye ikiye ayrılmaktadır. Bu dokular sürekli bölünen embriyonik kökenli ve farklılaşmamış hücrelerden oluşmaktadır. Bu hücreler bitkinin enine ve boyuna büyümesini sağlar. Ağaç kabuğu ise iç ve dış kabuk olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Dış kısım ağacı dış tehditlere karşı savunurken iç kabuk yukardan aşağıya besin taşıma görevini üstlenmektedir. Kullanım açısından verimli olan odun kısmı besin kaynağı olmasından ötürü nemlidir bu da kullanımın dezavantajıdır. Bu iç kabuk ve dış kabuk arasında bulunan kambiyum sıvısı her yıl iç tarafa doğru odun dış tarafa doğru yeni iç kabuk hücreleri meydana getirmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Olgun Bir Ağaç Gövdesinin Enine Kesiti [40]

Böylelikle iç tarafta yıllık odun halkası, dış tarafa doğru yıllık kabuk halkası oluşturarak ağacın çapını arttırmaktadır. Bundan ötürü anatomik ve kimyasal yönden birbirinden farklı özellikler taşıyan öz ve diri odundan oluşmaktadır. Diri odun, canlı hücrelerin hayatsal faaliyetlerinin gerçekleştirdiği canlı hücrelere sahip

olmasından ötürü öz oduna kıyasla kolay emprenye olurken daha çabuk çürümektedir. Öz odun ise genç gövdede olmayan birkaç yıl sonra gövdenin merkezine yakın bir şekilde oluşmaya başlayan, ölü hücrelere sahip olduğu için kolay emprenye edilemeyen tabakadır. Ayrıca öz odunda bulunan zararlı organizmalara karşı zehir görevi gören maddeler (ekstraktif maddeler) odunda doğal koruma sağlar. Öz odun ve diri odun arasındaki farklılıklara baktığımızda; öz odun diri oduna göre daha koyu renk olabilir ama renksiz olma ihtimalide vardır. Öz odun ölü hücre içerdiğinden diri oduna kıyasla çürümeye karşı daha dayanıklıdır. Öz odun diri odundan daha ağır olabilir aynı zamanda belirgin bir kokuya sahip olmasıda beklenebilir [41, 42, 43].

3.2 Ağaç Malzemenin Bozunması

Ağaç malzemeler zamanla biyolojik, fiziksel ve kimyasal bozunmaya uğramaktadır. Biyolojik bozunması; mantar, böcek ve bakteriler tarafından degradasyona uğratılması ile gerçekleşir ve bunun sonucunda çürüme (çürüme olan yerler yumuşar, tozlaşır ve zamanla kovuk haline dönüşür) meydana gelir. Bu çürümeler genellikle manatarlaşmayı kolaylaştıran nemli, karanlık ve hava sirkülasyonu olmayan yerlerde depolanan ağaç malzemelerde meydana gelir. Bazı mantarlar sadece odun yüzeyine yerleşerek renk değişimine neden olurken bazıları ise önemli hücre çeperi yıkımına neden olurlar. Ağaçta meydana gelen mantar hastalıkları ise delikli çürük, mantarların sebep olduğu çürükler, morarma, kızıl, yeşil ak ve boğum çürükleridir. Böcekler ise odunu bir besin kaynağı ve yaşanacak bir yer olarak kabul ederler. Böcekler odunu küçük parçalara öğüterek aşındırır, kanallar oluşturarak diğer zararlılarında odun içine yayılımını artırır. Bundan dolayı mantar ve böcek zararı çoğu ağaçta birlikte gelişir. Ağaç yiyen bu böceklerin hareketi ile ahşabın içinde birtakım oyuk ve kanalcıklar şeklinde böcek ve kurt yenikleri oluşur. Kesitin azalması nedeni ile dayanım zayıflığına neden olan bu gibi yeyintiler de ağaç malzeme için kusur sayılır. Ağaç malzemeler bu zararlılardan civa biklorür çözeltisi, kreozot, (kömür katranından çıkarılan ahşap korumada kullanılan sıvı: kreozot), bakır sülfat, çinko klorür ($ZnCl_2$), krom (Cr), arsenik (As), bor (B) veya flor tuzları ya da bezir yağı ile korunmalıdır [1, 2].

Ağaca zarar veren hayvanlar; kara keçi, geyik, karaca geyiği, sincap, orman fareleri, ağaç kakanlar, kunduzlar, ağaç kurtları vb canlılardır. Böcekler ise mobilya böcekleri, diri odun böcekleri, toz vuran böcekleri, ev teke böcekleri, kabuk böcekleri, tersane böcekleri, odun arıları, yağ böcekleri, toprakaltı termitleri, kuru odun termitleri, çam kese böceği, çalgıcı böcekler, çürük çam, meşe, karıncalar, kelebekler vb. böcek türleri olarak sıralayabiliriz (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Toprak Altı Termitleri [44]

Bakteriler, degradasyon yapan ve yapmayan olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Degrade eden bakterilerin bir kısmı sadece geçit zarlarının degrade ederken bir kısmı hücre çeperinin bozunmaya uğratmaktadır [45, 46].

Fiziksel bozunma; yangın, aşınma, hava şartları gibi faktörle meydana gelir, ağacın mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Her yıl yangından dolayı büyük miktarlarda ağaç materyal ormanlarda, depolarda ve binalarda tahrip edilmekte odunu oluşturan kimyasal bileşenler küle dönüşebilmektedir. Yangında sıcaklık yükseldikçe ağaç yapısındaki değişiklik şu şekilde meydana gelmektedir. 100 °C'de odun ağırlığını kaybeder, koyulaşır, oksitlenir ve fazla su dışarı çıkar. 200 °C'de su ve karbondioksit açığa çıkar. 300 °C'de karbonmonoksit, metan ve diğer alev almayan gazlar ortaya çıkar, alevlenme başlar, katranların yanması ile duman oluşur. 400°C'de odun kömürü oluşur ve 500 °C'e odun kömürü yanarak kül kalır. Yangın dışında ağaç malzeme rüzgardan, güneş ışığından, yağmur ve bağıl

nem beraberindeki görünüş bozulmasında önemli rol oynamaktadır [2]. Dış etkilerle öncelikle açık renkli ağaçlar koyu renge koyu renkliler ağaçlar açık renge dönüşmektedir. Belli bir süre sonra kahverenginin değişik tonları ve sonunda kül rengi oluşmaktadır. Bazı hava şartlarında ise odunda erozyon meydana gelmektedir. Bu durumda yüzeyler kaba ve pürüzlü olmakta, lifler birbirinden ayrılarak yıkanıp gitmektedir. Islanma ve kuruma birbirini izlediğinde daralma ve genişleme meydana gelmektedir. Bu sonucunda yüzeyde çatlaklar oluşmakta ve çarpılmalar oluşarak mantar çürümeleri hızlanmaktadır [1, 2].

Kimyasal bozunma; ahşap malzemler kolay işlenebilirliği ve korozyona karşı dayanıklılığından kimyasal maddelerin depolanmasında kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından ötürü kuvvetli asit ve bazla karşı karşıya kalmaktadır. Etkinin derecesi, ağaç türüne, permeabilite ve kimyasal maddenin cinsine bağlıdır. Genellikle odunda renk değişimine neden olurlar. Uzun süre alkali etkisinde kaldığında ise son derece zayıflar ve liflerde ayrılma olur. Alkaliler, hemiselüloz ve lignini çözdüklerinden geriye yumuşak, hamur şeklinde bir atık kalır [47].

3.3 Ahşap Malzemeyi Koruma Yöntemleri

Odun koruma teknolojisi; odunun doğal yapısını bir şekilde dönüştüren, değiştiren veya başkalaştıran bütün teknik ve yöntemleri içeren odun modifikasyonu ve farklı tip kimyasallar ve basınçlı/basınçsız sistemler arasından kullanım yerine göre uygun yöntemle odunun muamele edilmesi yöntemi, emprenyeden oluşmaktadır. Modifikasyon 3 ana başlığa ayrılmaktadır. Birincisi organik kimyasal maddelerle yapılan modifikasyon ikincisi inorganik kimyasal maddelerle yapılan modifikasyon ve üçüncüsü organik ve inorganik kimyasal maddelerin karışımıyla yapılan modifikasyondur. Emprenye ise, birçok koruma yönteminden en çok uygulanan yöntemdir ve 5 ana başlığa ayrılmıştır [48].

3.4 Emprenye Yöntemleri

Emprenye, çeşitli yöntemlerle uygun kimyasal maddelerin ahşabın bünyesine emdirilmesi işlemidir [2]. Ağaç malzemenin emprenye edilebilmesi, anatomik yapısına ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Kesilen ağaç malzemenin, derhal herhangi bir emprenye maddesi kullanılarak yapısına uygun yöntemle koruma altına alınması gerekmektedir. Kesme işleminden 1-2 gün sonra mantar enfeksiyonu ortaya çıkabilmektedir. Biçimlendirme işlemi esnasında mantar enfeksiyonunun çatlaklardan yapıya sızma riski mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Ağaç malzemenin kesildikten hemen sonra biçilmesi koruma problemi için en uygun çözümdür ancak bu durum bazı hallerde sadece teorik kalmaktadır [37].

Yerinde bakım ile daha uzun süre dayanımını sağlamak için ahşap malzemeye uygulanan emprenye basınçsız ve basınçlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Basınçsız yöntemler fırça ile sürme, kazanda daldırma, fırça yardımıyla, püskürtme ile, gibi basit yöntemleri içerirken, basınçlı yöntemler kurulu proses gerektirmektedir. Ağaç malzemenin korunmasında başarılı olunabilmesi için kullanım yerine en uygun etkili yöntem ve uygun kimyasal seçimi önem taşımaktadır. Emprenye maddesi olarak 200 yıldan beri hayvansal, bitkisel ve mineral yağlardan faydalanılmıştır. Madde seçiminde ağaç türü ve kullanım yeri etkili olmuştur bu amaç doğrultusunda günümüze kadar 2500 çeşit emprenye maddesi kullanılmıştır. Emprenye maddeleri; yağlı emprenye maddesi, organik çözücülü emprenye maddesi ve suda çözünen emprenye maddesi olarak üçe ayrılmıştır. Bugüne kadar kullanılan emprenye maddelerinden bazılarının ahşaptan yıkanması sonucu toprağa sızarak çevreye zarar vermesi, bazılarının ise mantar ve böcek gibi zararlılara karşı yeteri kadar koruma sağlayamamış olması farklı maddelere yönlendirmiştir [49].

3.4.1 Basınçsız emprenye yöntemi

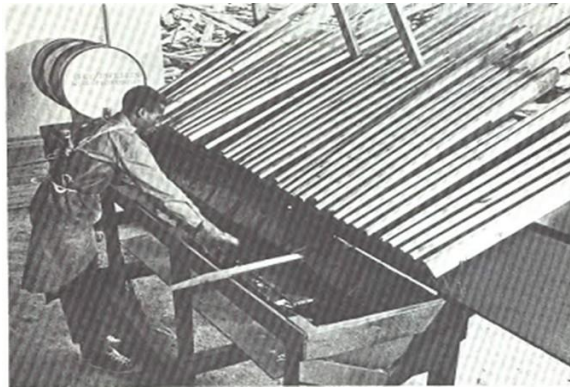
Bu metotla emprenye maddesi fırça ile veya püskürtme ile ağaç malzemenin yüzeyine uygulanmaktadır. Ancak emprenye maddesinin ağaç malzemenin içine daha fazla nüfuzu etmesi için kazan içerisine daldırma yöntemi geliştirilmiştir. Emprenye maddesinin içine batırma süresi ağaç malzemenin türü, kullanılacağı yer ve emprenye maddesinin bileşimi ve sıcak ve soğuk olarak uygulanan çeşitli yöntemlere göre değişiklik göstermektedir [50].

3.4.1.1 Fırça ile sürme ve püskürtme ve kısa süreli batırma yöntemi

Ağaç malzemenin yüksek konsantrasyonlu emprenye maddesine daldırması veya malzeme yüzeyine sürülmesi ile odun hücreleri ile emprenye sıvısı arasındaki kapiler etki yardımıyla ağaç malzemeye nüfuz etmesidir. Odun yüzeyini tam olarak kaplayamaması ve diri odunu tamamen emprenye edememesi dezavantajıdır.

Yüzeysel ve kısa süreli koruma sağlar. Uygulama şartlarına bakılırsa ağaç malzeme çok iyi kurutulmuş olmalı, daha önce mantar degradasyonuna uğramamış olmalı ve çatlak olmamalıdır. Kolay ve orta derece emprenye edilen ağaçlarda (örn; sarıçam) nüfuz ettiği derinlik 1-5 mm'dir. Güç emprenye edilen ağaç türlerinde ise 1 mm'den azdır. Kirlili ve ıslak yüzde absorpsiyonu azdır. İyi sonuç almak için temiz yüzeye sürülen emprenye maddesi kuruduktan sonra ikinci kat sürülmelidir. Geniş yüzeylerde püskürtme yöntemi uygulanmaktadır.

Batırma yönteminde kendi içerisinde 3'e ayrılmaktadır. Kısa süreli batırma, normal batırma ve uzun süreli batırma. Bu işlem püskürtme ve fırça ile sürmeye göre daha etkilidir. Ahşap malzemenin tamamı emprenye çözeltisine daldırılır bu yöntem sayesinde çözelti tüm yüzeyi kaplayarak daha etkili olur. Malzeme istenildiği kadar çözelti içinde saklanabilir. Düşük akmazlık özelliğine sahip emprenye maddeleri ahşaba birkaç dakika veya saatte nüfuz olurken yüksek akmazlığa sahip emprenye maddelerinin birkaç günü bulabilir. Bu yöntemin avantajı basit bir prensibinin olması, ekonomik olması, istenilen penetrasyon değerine ulaşılabilmesi ve işlem süresinin istenildiği gibi ayarlanmasıdır [51]. Yalnız bu yöntemde düşük viskoziteli organik çözümler için daha uygundur (Şekil 3.3) .



Şekil 3.3 Biçilmiş Ağaç Malzemenin Kısa Süreli Batırma Yöntemi İle Emprenyesi Edilmesi [47]

3.4.1.2 Difüzyon yöntemi ile emprenye

Difüzyon yöntemi çok rutubetli ağacın bulaç vb. formlarda suda kolay çözünen emprenye maddeleriyle muamele edilmesidir. Kullanılan emprenye maddesi hücre içindeki suda çözünerek odun içerisine yavaş yavaş yayılmaktadır. Odun içerisindeki serbest su ile emprenye maddesi arasında konsantrasyon farkı ne kadar fazlaysa absorbe edilen madde miktarı o kadar artmaktadır. Emprenye maddesinin molekül ağırlığı azaldıkça ve sıcaklık derecesi yükseldikçe difüzyon hızı artmaktadır. Difüzyon prensibiyle emprenyenin iki yolu mevcuttur. Birincisi ahşap malzemeyi yüksek konsantrasyondaki çözeltiye daldırmak ikincisi ise bulaç haldeki emprenye maddesini ağaç malzeme yüzeyine sürmektir. Difüzyonun etkili olabilmesi için kullanılan emprenye maddesinin suda çok iyi çözünmesi gerekmektedir. İlk olarak bu şartı sağlayan flor iyonları kullanılmaktaydı. Bir süre bor, flor, krom ve arsenik (BFCA) birlikte kullanılmıştır. Fakat ilerleyen dönemlerde ticari değeri daha fazla olan bor bileşikleri kullanılmaya başlanmıştır. Ahşap korumada borun kullanımı, ilk olarak parke böceğine karşı koruma sağlamak amacıyla Avustralya'da kullanılmıştır. Yeni Zelanda'da ise ilk endüstriyel çaplı uygulama disodyum oktaborat tetra hidrat (DOT) maddesi kullanılmıştır [52, 5]. Bor, hidrojen, karbon, azot ve oksijen gibi atom yarıçapları küçük atomları arayer (insterstitial) difüzyonu yöntemiyle yayılım göstermektedir. Arayer difüzyonu, kristal yapı içerisindeki arayer atomunun bir ara yerden diğer bir ara yere hareket etmesi sonucu yayılmasıdır. Ara yer difüzyonunun gerçekleşmesi için boşluklara gerek yoktur. Bu atomların hızlı hareket etmesinden dolayı arayer difüzyonu boşluk difüzyonundan daha hızlı gerçekleşmektedir [80].

3.4.1.3 Sulama (Deluging) yöntemi

Ağaç malzemenin 1-1.5 uzunluğundaki tünelden 15-60 m/dk hızla geçirilerek yukarıdan emprenye maddesinin püskürtülmesi ile uygulanan mekanik yöntemdir. Kullanılan emprenye maddesi geriye pompalanarak havuzda depolanmaktadır. Ağaç malzeme üzerindeki fazla emprenye maddesi fırça yardımıyla temizlenmektedir. Hızlı, kullanışlı ve temiz bir yöntemdir. Fırça ile sürme, püskürtme ve kısa süreli batırma kadar koruyucudur [53].

3.4.1.4 Uzun süreli batırma yöntemi

Bu yöntemde emprenye süresi iki gün ile iki hafta arası değişmektedir. Son yıllarda yaygın olarak kullanılmamaktadır. Yöntemde ilk yıllarda emprenye maddesi olarak civa klorür, pentaklorfenol, kreozot ve çinko klorür kullanılmıştır [53].

3.4.1.5 Açık kazanda sıcak ve soğuk yöntemi

Emprenye maddesinin, sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan basınç farkından yararlanarak ağaç malzemeye derin bir şekilde nüfuz etmesi prensibine dayanmaktadır. Hava kurusu ağaç malzeme ilk olarak sıcak emprenye maddesinden geçirilerek hücre içerisindeki havanın genişleyerek dışarı atılmasını sağlanmaktadır. Sonraki aşamada sıcak emprenye ile soğuk emprenye maddesi yer değiştirilerek hücrelerde küçülen havanın vakum etkisiyle emprenye maddesinin hücre içerisine girmesi sağlanır [53].

3.4.2 Basınçlı emprenye yöntemleri

Son yıllarda ağaç koruma teknolojisinde; ağaç malzemenin emprenyesinde endüstriyel metotlar arasında vakum ve basınç uygulayan metotlar ön plandadır. Maksimum absorpsiyon temeline dayanarak çelik kap içine yerleştirilen ağaç malzemeye basınç ve vakum ile emprenye maddesini odun hücrelerinin tamamına sevk edilmesidir. Bu yöntemde ağaç malzemenin içerisine hem kısa sürede hemde ekonomik yoldan yeterli miktarda ve derinlikte emprenye maddesi emilimini sağlamak mümkün olmaktadır. İstenilen seviyede emprenye işlemini gerçekleştirmek için ağaç malzemenin yerleştirildiği basınca dayanıklı bir kazan ile istenildiği kadar vakum ve basınç uygulanabilen özel bir prosesi olan tesisler oluşturulmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Basınçlı Emprenye Yöntemi [54]

Bu tesislerde her hacimde ağaç malzemeler emprenye edilmekte ve emprenye madde miktarı istenilen ölçüde yapılabilir. Emprenye maddesinin ağaç malzemenin içerisine kontrollü bir şekilde emprenyesini sağlayıp daha etkili ve güvenli bir koruma mümkün olmaktadır. Basınçlı emprenye yöntemleri dolu hücre ve boş hücre yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [55].

3.4.2.1 Dolu hücre yöntemi

Basınçlı emprenye yöntemlerinin temeli fazla miktarda emprenye maddesinin odun tarafından emilimine dayanmaktadır. Emprenye için hazırlanmış çelik kazana yerleştirilmiş ağaç malzeme öncelikle vakumlanarak hücre boşlukları ve çeperindeki havanın dışarıya atılması sağlanır. Daha sonra emprenye maddesi çelik kazana gönderilerek basınçla birlikte boşalmış hücre boşluklarına nüfuz ettirilir. İlk uygulanan dolu hücre yöntemlerinden biri olan Breant yönteminde ilk olarak kreozot (kömür katranından çıkartılan sıvı) kullanılırken daha sonra tuzlar kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem dünyada en yaygın olarak kullanılan yöntemdir [56].

3.4.2.2 Boş hücre yöntemi

Gün geçtikçe ahşap malzemenin kullanım alanı yaygınlaşmış ve bu bağlamda ahşap korumada kullanılan emprenye madde miktarı ihtiyacıda artış göstermiştir. Dolu hücre metodu için gerekli emprenye maddesinin fazla oluşu ve ekonomik olmamasından ötürü boş hücre metodu geliştirilmiştir. Boş hücre metodu ile dolu hücre metodu temel olarak aynı prensibe bağlıdır, farklı olan boş hücre metodunda vakum uygulanmamasıdır [55, 57].

3.5 Ahşap Korumada Bor Bileşiklerinin ve Minerallerinin Yeri

Bor bileşikleri, çevreye, insanlara ve diğer hedef olmayan organizmalara karşı çok düşük toksiteye sahip olduklarından ahşap koruma endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bor bileşikleri suda ve rutubetli odunda kolay çözündüklerinden ve difüzyonla odun çeperlerinde yayıldıklarından yerinde bakım işlemlerinde ahşap yapı ve malzemelerin korunmasında ve aynı zamanda ahşap malzemenin yanmasını geciktirmede uzun yıllardır kullanılmaktadır [62].

Toz, jel, yoğun glikol esaslı çözeltiler, katı çubuklar ve macunlar dahil olmak üzere odun ve odun esaslı yapılar için yerinde bakım metodlarında kullanılan farklı bor bileşikleri mevcuttur. Toz halindeki boratlar, genellikle di-sodyum oktaborat tetrahidrat (DOT) %15 konsantrasyonda çözelti elde etmek için su ile karıştırılmaktadır. Bu gibi DOT çözeltileri spreyleme veya fırça ile sürme yöntemleri ile ahşaba uygulanmaktadır. Bununla birlikte, ahşap yapıların iç kısımlarının çürümeye karşı korunmasında ahşaba çeşitli çapta, derinlikte ve sıklıkta açılan delikler toz DOT ile doldurulabilmektedir [58]. Yerinde bakım metodlarında en çok kullanılan bor formülasyonu, serbest su varlığında borik asit yayan bor çubuklarıdır [59]. Sodyumborat gibi bazı bor bileşikleri uygulamadan önce suyla birlikte oldukça kolay seyreltilir. Boratların tozu, jeli, yoğunlaşmış glikol çözeltileri içeren formları, katı çubukları ve koruyucu bileşenli macunları gibi tekrar uygulanacak içsel işlemler için uygun formları mevcuttur. En popüler formu bor çubukları şeklinde kullanılabilmesidir ki bu çubuklar saf bor veya bor+bakır, bor+NaF şeklinde uygulanabilmektedir. Bu çubuklar borun ısıtılmasıyla üretilir ve sonra bir kalıp içine erimiş borun dökülmesiyle üretilir. Soğuyan bor çubukları elle tutularak kolayca uygulanabilir. Ayrıca kokusuz ve renksizdirler.

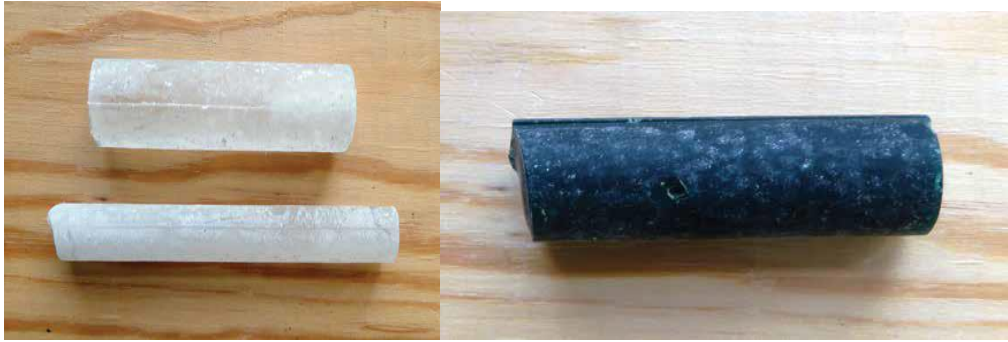
Bor bileşikleri ahşap tarafından kolayca alınıp odunun yapısına nüfuz eder; bununla birlikte, fiziksel ve kimyasal yapıları, suda çözünürlükleri, odunun rutubet içeriği, odunun iletim yönü, permeabilitenin düşük olduğu öz odunun varlığı ve sıcaklık gibi değişkenler nedeniyle odunda çeşitli dağılım ve penetrasyon özellikleri görülebilmektedir [17, 60, 69, 72, 75, 76, 77].

Bor esaslı koruma sistemlerinde sudaki çözünürlükleri farklı olan bor bileşiklerini kullanmak, bor elementinin dağılımında farklılık ve daha uzun süreli koruma sağlayabilir. Boratların bir kısmı, doğada sudaki çözünürlüklerinde farklılık olan üleksit, kolemanit veya tinkalonit gibi ham bor mineralleri olarak bulunabilmektedir [58, 61]. Öte yandan, bu tür bor minerallerinin özelliklerini, DOT veya borik asit gibi ticari bor bileşiklerinininkilerle karşılaştırarak değerlendirmek ilgi çekici ve ham bor minerallerinin safsızlaştırılmadan kullanılması bor bazlı koruma sistemlerinin maliyetini düşürmeye yardımcı olabilir. Üleksit ve kolemanit gibi bor mineralleri Türkiye, Güney Amerika ve ABD'de büyük miktarlarda mevcuttur. Kolemanit, suda çözünürlüğü düşük olan

kalsiyum içeren bir bor minerali olup [62]. Özellikle katı çubuk formunda bor bileşikleri yerinde bakım metodlarında yaygın olarak kullanıldığından, bor dağılımı hakkında rutubetli düzeyde veri bulunmaktadır [63].

Ahşap yapıların yüzeyinde herhangi bir değişime mahal vermeden, korunması, hizmet ömürlerinin uzatılması önem taşımaktadır bunu baz alarak Preschem Rods ve Cobra Rods şirketleri saflaştırılmamış disodium octaborate tetrahydrate ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ve borik asit ile hazırlanan katı çubukları bugün ticari olarak ahşap yapıların yerinde bakım işlemlerinde hizmet sürelerinin uzatılması amacı ile kullanılmaktadır. Bu şekilde ekstra saflaştırma işlemi gerektirmeden yapısındaki Ca ve Na elementlerinin yardımıyla odunda yayılımı hızlı ve uzun süre kalıcı olması ve düşük maliyeti boru avantajlı hale getirmiştir [63, 64].

Uygulama deliklerinde kullanıma hazır katı bor çubukları en yaygın sodyum florürden oluşmasına rağmen diğer etkin çubuklar bakır gibi ilave korucu madde içerir. Çubuk formülasyonlarının avantajı uygulama ve dökülme riskinin düşük olmasıdır. Yapı elemanlarının altından yukarı açılan deliklere uygulanırlar. Bu çubukların dezavantajı, uygulamalarının yapılamamasıdır [5]. İlk difüzyon işlemine yardımcı olmak için ortamın rutubetli olması gerekir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Ahşap Koruma Kullanılan Katı Bor Çubukları [5]

Bu tez çalışmasında, Bigadiç Maden Ocağı'ndan temin edilen öğütülmüş parça büyüklüğü 45 mikron kolemanit minerali kullanılarak bor çubukları üretimi gerçekleştirildi, üretilen çubuklar etilen glikol ile muamele edilmiş belirli şartlarda hazırlanan ahşap malzemeye yerleştirilip belirli periyotlardaki bor yayılımı incelenmiştir. Bu çalışma ile ülkemizde bol miktarda bulunan bor mineraline yeni kullanım alanı kazandırmak ve ahşap yapıların korunmasında ekonomik, ekolojik ve pratik bir çözüm bulmak amaçlanmıştır.

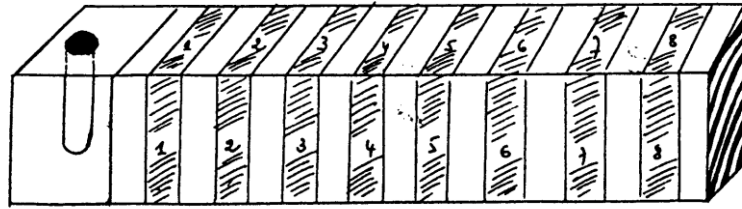
Çubukların ağaç malzeme içerisindeki iç çürümeler traversler, büyük boyutlu keresteler ve tel direkleri gibi yapılarda uzun süredir ciddi problemler teşkil etmektedir. Normal koşullarda ağaç malzemedeki bozunmalar belli başlı ön işlemleri içeren uygun spesifikasyonlarla engellenmektedir ancak, hâlihazırda çok miktarda ağaç malzeme çürüme riski altındadır [2, 5]. Çürüklüğün malzemenin hizmete girmesiyle birlikte durdurulmaya çalışılması büyük risklere neden olur, çünkü çoğu ahşap türünün öz odunu basınç altında sıvı akışına karşı büyük ölçüde dirençlidir. Dünya çapında, içten çürüme kontrolü için iki farklı yaklaşım uygulanmaktadır. Kuzey Amerika'da, fumigantlar iç çürümeyi durdurmak için en yaygın kullanılan yerinde bakım yöntemidir [12]. Bu kimyasallar sıvı halde ya da katı maddeler halinde uygulanır ve daha sonra uçucu hale gelerek odun boyunca 1-3 metreye kadar taşınırlar. Bu kimyasallar oldukça etkiliyken, başka yerlerde alternatif bir yaklaşım uygulanmıştır. Bor ve florür, hem odunda rutubet ile hareket edebilen hem de suda çözünen bileşiklerdir. Bu difüze edilebilir kimyasallardan birine veya ikisine dayanan sistemler Avrupa ve Avustralya'da yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bor, hem Avrupa hem de Yeni Zelanda'da çeşitli *Lyctus sp.* (diri odun böcekleri) önlenmesi için yeni kesilmiş taze kerestenin ön yerinde bakım işlemlerinde uzun bir süredir kullanılmaktadır [9, 10]. Ayrıca bu kimyasal son zamanlarda Formosan toprakaltı termiti saldırısını sınırlayarak kereste yerinde bakım işlemleri için

Hawaii'de kullanılmıştır. Bor, koruyucu madde olarak caziptir çünkü hedef olmayan organizmalara, özellikle de insanlara karşı düşük toksisitesi vardır ve rutubetli ağaçta difüzyon özelliğine sahiptir [67].

Bor, çeşitli şekillerde yerinde bakım işlemlerinde kullanılabilir, ancak en popüler olanları, saf bor veya bor ve bakır olarak elde edilebilen kaynaşmış ve sertleşmiş borat çubuklardır. Bu çubuklar borun eriyik hale getirilmesi ve daha sonra erimiş borun bir kalıba dökülmesiyle üretilir. Soğutulmuş bor çubukları kolayca işlenir ve uygulanır. Teoride, çubuklar su ile temas ettiğinde bor salınır. Bor on yıllar boyunca yerinde bakım işlemleri için kullanılmıştır [10], ancak bu sistemlerin yaygın kullanımı son yirmi yılda artmıştır [13, 14, 15]. Sonuç olarak, bor hakkında yerinde bakım maddesi olarak kayda değer bir performans verisi vardır; ancak, rutubet içeriği ve kimyasal yayılım gibi odun koşulları arasındaki etkileşimler hakkında nispeten az veri bulunmaktadır. İşlem görmüş bloklarda nem düzeyinde 7 günü sonunda küçük bir fark meydana gelmiştir. Toplam nem seviyeleri 180 günlük süre zarfında azaldı üç hedef (%30, %60, %90) bağıl nemdeki bloklar için kapalı işlem deliğinden nem kaybı meydana gelmiştir.

Dirol ve arkadaşları farklı nem düzeyindeki farklı odun örnekleri üzerinde bor difüzyonunu incelemiştir [14].



Şekil 4.1 1.5 cm Aralıklar Dilimlenmiş Odun Örnekleri [14]

Odun bloğu 8 seriye bölüştürülerek her bir serinin nem miktarı ölçülmüştür.

Birçok dar diri oduna sahip ağaç türünde olduğu gibi, Douglas göknarının diri odunu da kolay emprenye edilmektedir. Diri odun emprenye işlemi görmemiş öz odunu çevreleyerek koruma sağlamaktadır. Kurutma işlemi ve kullanım esnasında ağaç malzemede çatlaklar meydana gelebilmekte ve bu çatlaklara mantar ve böcekler kolay nüfuz edebilmektedir. Bu ağaç türünün öz odununda emprenye

işleminin etkinliği için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Özellikle toprak seviyesinde, iç çürümeleri önlemek için periyodik ve ilave bakım işlemlerine hala ihtiyaç duyulmaktadır [37].

Çizelge 4.1 Odun Örneklerindeki Nem Miktarı (%) [14]

Odun Türü	Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4	Seri 5	Seri 6		Seri 7
						ilk	son	
İskoç çamı diri odun	61-72	44-61	41-57	Havaya	25	29	46	12
İskoç çamı öz odun	54-63	23-25	20-24	Bağlı	24	13	15	12
Ladin	69-80	40-56	31-56	Değişim	24	16	24	12
Kavak	145-172	112-151	100-139		25	22	40	12

1960'lı yıllarda fümigasyonlar hızlı bir şekilde mantar saldırılarını durdurmak için bir araç olarak tanımlanmış ve daha sonraki çalışmalar, aktif maddeye bağlı olarak 7-20 yıl arasında etkiye sahip olduklarını göstermiştir [12, 37]. Uygulama ile ilgili riskler, alternatif emprenye işlemleri arayışını teşvik etmiştir. Aynı zamanda, bazı Avrupa kamu kuruluşları, yerinde bakım işlemleri olarak bor kullanmayı keşfetmişlerdir [10, 13]. Bor, insan ve diğer canlı organizmalar için çok düşük toksisiteye sahip olduğu için caziptir ve ahşaba nüfus etmiş mantarlar ve böceklerin etkinliğini sonlandırmak için ahşap boyunca rutubetle dağılabilmektedir. Bor, çürümenin aktif olduğu noktaya taşınabilir, aynı zamanda fümigant olarak da çok zehirli olarak sınıflandırılmaktadır.

Yerinde bakım işlemleri için en cazip bor formülasyonu, disodyumoktaborat tetrahidratın (DOT) füzyon yöntemiyle eritilmesi, kalıplara dökülmesi ve sertleşmesinin beklenmesi ile elde edilen bor çubuklarıdır. Bor soğurken cam gibi kolay bir şekilde çubuk haline gelmektedir. Ahşapta serbest su varlığında borik asit çubuktan salınmaktadır. Birçok laboratuvar ve alan denemelerinde, çeşitli ağaç türlerinde rutubet miktarı lif doygunluğu noktasının üzerinde olduğunda, borun ahşap boyunca hareket ettiğini gözlemiştir [13, 14, 67]. Bununla birlikte, genel olarak, Douglas göknarındaki alan denemeleri, borun diğer türlerde olduğundan daha yavaş ilerlediğini göstermektedir. Douglas göknarının daha düşük permeabilitesi, sınırlı difüzyona neden olmaktadır [68].

Sodyum boratların memelilere karşı nispeten düşük toksisitesi, onları özellikle ahşap koruyucu madde olarak cazip kılar. Bu nedenle, bir dizi farklı ahşap uygulamalarında borat kullanımı araştırılmıştır. Kuzey Amerika'da son zamanlarda ilgi duyulan bir alan, elektrik direklerinde bulunan çürüklük mantarlarının yerinde bakım işlemlerinin kontrolü için olmuştur. Fümigantlar, Kuzey Amerika'da yerinde bakım metotları ile iç çürüme kontrolü için kullanılan kimyasallar olmasına rağmen [12] uygulama sırasında fumigantların tutulmasına ilişkin endişeler ve damlama riski farklı borat sistemlerinin değerlendirilmesini teşvik etmiştir. Bu amaç için en umut verici borat formülasyonu bir kaynaşmış ve sertleşmiş borat çubuk formudur. Bir sodyum borat bileşiği eriyik duruma ısıtılır, daha sonra çubuk şeklindeki kalıplara dökülür ve soğumaya bırakılır. Bu çubuklar daha sonra, fümigant uygulamaları için genellikle açılan deliklere yerleştirilerek uygulanır. Bir kez uygulandığında, ahşaptaki rutubet çubuklardan boratları yaymaya yardımcı olur. Bu boratlar, çubuktan ahşabın içine yayıldıktan sonra muhtemelen çürümeye neden olan mantarları öldürür ya da yayılmalarını engeller.

Kaynaşmış (fused) borat çubukları, Avrupa'daki [15] direk ve demiryolu bağlarının bir dizi saha testinde makul üretim sağladığı, ancak Kuzey Amerika'daki sonuçların daha komplike olduğu görülmektedir [69, 70, 71]. Boratlar geçirgen bir yapıya sahip olan güney çamı (*Pinus sp.*) boyunca homojen dağılım göstermektedir, ancak daha az geçirgen olan Douglas göknarında boratlar çok daha yavaş hareket ederler [13, 14, 67, 71, 72]. Douglas göknar direkleri ile yapılan saha denemeleri, borat

düzeylerinin mantar kontrolü için gerekli olduğu düşünölen tipik değörlere ulaşmadan önce üç yıl veya daha fazla sürenin gerekli olduğunu göstermiştir [70]. Bu dönemde önemli miktarda çüröme meydana gelebilir ve bu da işlemin değörleri azaltabilir. Çüröme oranı kontrolünün yavaş olmasına ilişkin olası bir açıklama, ahşap direklerin rutubet içeriğindeki değışimin bor difüzyonunu etkilemesidir. Rutubet borat difüzyonu için kritiktir [67].

Sınırlı araştırmalar, Douglas göknarı rutubet miktarının geniş ölçüde değışebileceğini göstermektedir [73]. Çubukların düşük rutubete sahip bölgelere yerleştirilmesi, bor hareketini ve dolayısıyla mantar kontrolünü potansiyel olarak azaltır. Ahşapta düşük rutubet seviyelerinde bor difüzyonunun geliştirilmesi için olası bir yöntem, çubuklar uygulama deliklerine sokulduktan sonra bor çubuklarına az miktarda glikol katmaktır. Glikol ile değıştirilmiş bor solösyonları, glikölün kurutulmuş ahşapta bor hareketini arttırdığı varsayılarak, pencere çerçeveleri ve diğör ahşap ürünlerinde çürömenin iyileştirilmesi için uzun yıllardan beri kullanılmaktadır [74]. Glikölün seçilen neme göre ayarlanmış olan Douglas göknar kerestesindeki bor hareketi üzerindeki etkisi, glikölün, daha kuru olan ahşapta bor hareketinde hafif artışlar gösterebileceğini, ancak etkilenen bölgenin nispeten yüzeysel olduğunu göstermektedir [75]. Bununla birlikte, glikölün bor çubuklarının difüzyonu üzerindeki etkileri bilinmemektedir.

Douglas göknarı öz odun örneklerinde füzyon yöntemi ile üretilmiş bor çubuklarında bor yayılımı üzerine rutubet oranının etkisini incelenmiştir [76]. Çalışmalarında odun örneklerinin rutubet içeriğinin genellikle hedef seviyelerden daha düşük seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, çalışmamızda önerdiğimiz gibi, inkübasyon süreleri boyunca 180 güne kadar olan rutubet kaybının temel nedenleri olarak uygulama deliğı ve parafin ile yapılan kaplama işlemi olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, bor dağılımının, inkübasyon süresinin yanı sıra odun örneklerinin başlangıç rutubet içeriğinin artması ile de arttığını göstermişlerdir. Çalışmalarında, bor yayılımının uygulama deliğinden uzaklaştıkça tutarlı bir şekilde azaldığını ve % 60 ve % 90 hedef rutubet içeriğine sahip örneklerde daha yüksek bor içeriğı tespit etmişlerdir.

Freitag ve Morrell etilen glikolün füzyon yöntemi ile oluşturulmuş çubuklardan borun dağılımı üzerine etkileri incelenmiş ve glikolün bor hareketini olumlu yönde etkilediğini, fakat % 15 rutubet içeriğine sahip örneklerde uygulama deliğinin yakınındaki bölgelerle sınırlı bir glikol etkisini tespit etmişlerdir. % 60 rutubet seviyesine ulaşıldığında da, glikolün etkisinin azaldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, glikolün bor dağılımı üzerine etkisinin kimyasal bir olaydan ziyade glikolün sıvı formu ile ilişkili olduğunu ortaya koyulmuştur [77].

Lebow ve arkadaşları , yaptıkları çalışmada LDN altında da borun odun içerisinde dağılabildiğini % 20 rutubet içeriğine sahip odunda bor dağılımı elde ederek göstermişlerdir. Lebow ve arkadaşları odun örneklerinde LDN'nin çok altındaki rutubet içeriklerinde bile bor dağılımı gözlemlemiş, bu durum da bor dağılımının sadece su içeriğine atfedilemeyeceğini düşündürmektedir. Bu çalışmada rutubet içeriğindeki küçük farkların bile, LDN'nin altındaki odunda nüfuz derecesinde dikkate değer farklılıklar ile sonuçlanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca glikolün bor dağılımında etkili olmamakla beraber, daha yüksek yoğunluktaki koruyucu çözeltilerin kullanımında faydalı olabileceği tartışılmıştır [5, 55].

Morrell ve Sexton tarafından Douglas göknar odununun rutubet içeriğinin füzyon yöntemi ile üretilmiş bor çubuklarında boyuna yöndeki dağılım üzerine etkisi incelenmiştir. Rutubet içeriğinin % 40'ı aşması durumunda borun iyi bir şekilde dağıldığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, % 80 ve % 100 rutubet içeriğinde bor dağılımında hiçbir fark olmadığını, % 20 rutubet içeriğindeki öz odunda ise boyuna yöndeki bor dağılımının en az düzeyde olduğu tespit edilmiştir [72]. Lif yönü göz önüne alındığında ise yapılan bir çalışmada, suyla doymun haldeki okaliptüs öz odunundaki bor tuzlarının dağılımının lif yönüyle değişmediği gösterilmiştir [78].

Ayrıca bu çalışmada, kapiler akışın bir çözücünün LDN'nin altındaki odundaki iletimindeki temel mekanizma olabileceği tartışılmıştır. Bununla birlikte çalışmada, LDN'den daha yüksek rutubet içeriğinde, moleküler difüzyonun temel mekanizma olabileceği belirtilmiştir.

5.1 Hammaddeler, Kimyasallar ve Ekipmanlar

5.1.1 Kolemanit minerali

Ahşap malzemenin emprenyesinde Eti Maden Şirketi'nin Bigadiç bölgesinden temin edilen öğütülmüş 45 mikron kolemanit minerali ($2\text{CaO}_3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kullanılmıştır. Kolemanit bor çubukları üretiminde hammadde kaynağı olarak kullanıldı. Çizelge 5.1'de tezde kullanılan koemanit mineralinin formülasyonu, fiziksel görünüş özelliği, B_2O_3 içeriği, B element miktarı, pH değeri ve çözünürlük özelliği verilmiştir.

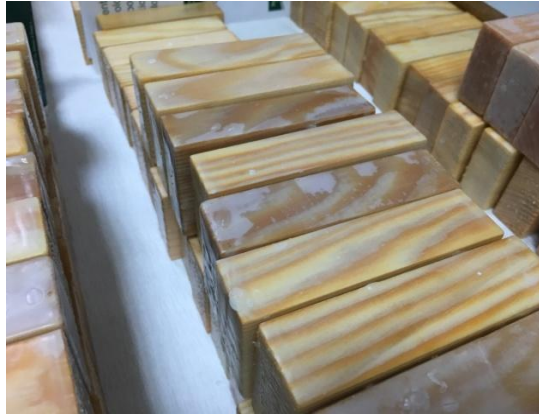
Bor minerali	Formül	Görünüş	pH	Suda Çözünürlük	
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ ·5H ₂ O	Kızılımsı gri-grimsi beyaz toz	9.1	0,81 g/L 25°C	
Elementel analiz					
B ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	As	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
40%	27%	% 4-6.5	35 ppm max	% 0.08 max	% 0.4 max

Çizelge 5.1 Öğütülmüş 45 Mikron Kolemanit Minerali İçeriği

5.1.2 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

Adını diri odunun sarı renginden alan sarıçam uygun koşullarda 20-40 metreye kadar uzayabilen, gelişimi 100-120 yıldan sonra duran Türkiye'de Batı ve Doğu Karadeniz'in güneye bakan yamaçlarında Of, Sürmene, Artvin, Rize, Gümüşhane, Giresun, Amasya, Sinop ve Abant, Doğu Anadolu'da, Güney Marmara'da sıkça görülen öz odun ve diri odun bölgesi kolay ayırt edilebilen, uzunluğu 4-8 cm arası değişen iğne yapraklı bir ağaç türüdür . Yetiştği bölgenin şartları sarıçamın özelliklerinde farklılıklara neden olur. Dağlık bölgelerde ve alçak yerlerde yetişen sarıçam koyu renkli öz oduna sahiptir ancak kötü ortam şartlarında öz odun olmayabilir. Yüksek yerlerde yetişenlerin yaş halkaları dar, alçak bölgelerde yetişenlerinki ise geniştir. Gene aynı şekilde dayanımlarında değişiklik göstermektedir. Bunun sebebi ya diri odunun oranı ya da içerdiği ekstraktif madde miktarıdır. Öz odun miktarı arttıkça dayanıklılık artmaktadır [79].

Çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) öz ve diri odun tabakasından elde edilen odun örnekleri (100 x 150 x 50 mm) kullanılmıştır. Kolemanit katı çubuk formu ve klima şartı (rutubet, süre, sıcaklık) için 2 diri odun, 2 öz odun örneği kullanılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Deneyler İçin Hazırlanmış Ahşap Bloklar

5.1.3 Etilen glikol

Kolemanit çubukların ahşaba montelenmesinden hemen önce açılan yuvalara etilen glikol ilave edilmiştir. Buradaki amaç etilen glikolle borun yayılımını hızlandırmaktır. Renksiz ve tatlı bir alkoldür (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Etilen Glikolün Fiziksel Özellikleri

Molekül ağırlığı	32 g/mol
Donma noktası	-13 °C
Kaynama noktası	198 °C

5.1.4 Nitrik asit

Halk arasında kezzap olarak bilinen nitrik asit kuvvetli bir anorganik asittir. %100'lük derişik olanlarına mutlak nitrik asit ticari olarak % 60-66'lık olana ise nitrik asit denir [65]. Bu çalışmada katı numunenin mikrodalga çözümlendirmede sıvılaştırılması için %65 derişik nitrik asit (HNO₃) kullanılmıştır. Her numuneden yaklaşık 0.5 g numune alınıp 14 ml nitrik asit ilave edilmiştir. Nitrik asidin bazı fiziksel özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 5.3) .

Çizelge 5.3 Nitrik Asidin Fiziksel Özellikleri

Molekül ağırlığı	63.03 g/mol
Kaynama noktası	121 °C
Donma noktası	22.4 °C
Erime noktası	-41.6 °C

5.1.5 Tek vidalı ekstrüder

Ekstrüderleri oluşturan ana birimler; motor, redüktör, kovan grubu ve taşıyıcı gövdedir. Bu ana birimlerin dışında ürünün özelliklerini belirleyen çok sayıda yardımcı birim ekstrüderler üzerinde bulunmaktadır [66]. Ekstrüderlerin motorları üretilecek ürün tipine ve formül yapısına bağlı olarak seçilir (Resim 5.2).



(a)



(b)

Şekil 5.2 (a) Tek Vidalı Ekstrüder (b) Üretilen Kolemanit Çubukları

5.1.6 Laboratuvar malzemeleri

Tez çalışmalarında kullanılan tüm cam malzemeler hassas teraziler, desikatörler, etüv, fırın vb. laboratuvar araç ve gereçler kalibre edilerek kullanılmıştır.

5.2 Enstrümental Analiz Cihazları

5.2.1 X-ışını kırınım analizleri

Tez çalışmasında odun kompozitlerin korunma özelliklerinin iyileştirilmesi için katkılandırıldığı kolemanit mineralinin kristal özellikleri, Philips Panalytical X'Pert Pro X-ışını difraktometre cihazıyla incelenmiştir. Toz haldeki numuneler alüminyum numune kabına boşaltılmış ve düz bir yüzey elde edilmesine dikkat edilerek analiz için hazırlanmıştır. Çizelge 5.4'de ölçüm esnasında kullanılan XRD analiz parametreleri verilmiştir.

Çizelge 5.4 XRD Analiz Parametreleri

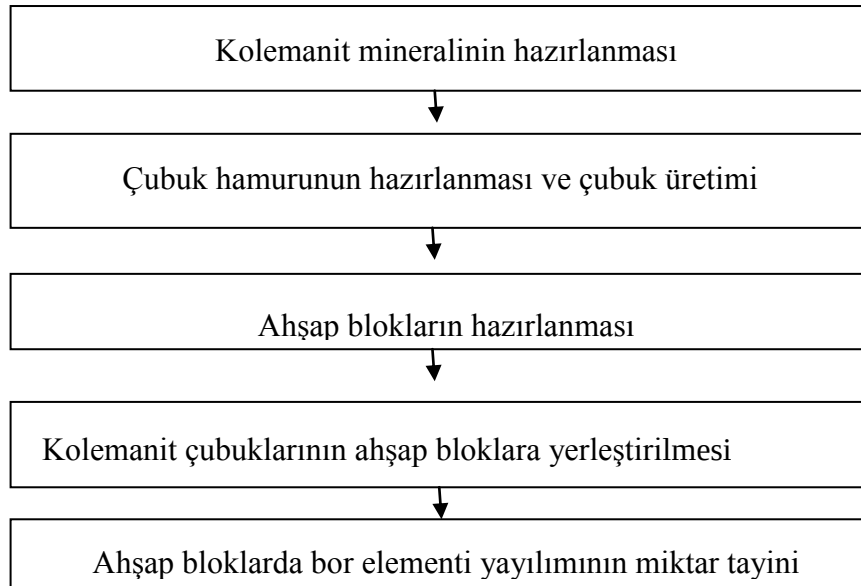
Işın üretim parametreleri	CuK α , 45 kV, 40 mA
Adım sayısı ($2\theta^\circ$)	0.01
Tarama programı ($^\circ/s$)	1.2

5.2.2 ICP-OES (Shimadzu ICPE 9000)

Bu tez çalışmasında, ahşap bloklarda yayılım gösteren borun ICP cihazında miktar (kantitatif analiz) tayini yapılmıştır. Katı ahşap blokları, içerisindeki bor miktarı tayini için microwave cihazında (Anton Paar) yüksek sıcaklık altındaki basınçlı kap içerisine % 65 nitrik asit (HNO_3) ile çözümlendirme işlemine tabi tutularak sıvı hale getirilmiştir. Çözümlendirme prosesi şu şekildedir; ilk olarak sıcaklık 8 dk içinde $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkartıldı ardından $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 3 dk bekletilip 3 dk içinde $195\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye çıkartılıp 10 dk bekletildikten sonra 10 dk içinde soğutulularak tüm işlem 34 dk da tamamlanmıştır.

5.3 Deneysel Yöntem

Deneysel yöntem akış şeması Şekil 5.3'de ifade edildiği gibi ilk olarak kolemanit mineralinin XRD analizleri yapıldı ve ardından ahşap blokları deney için uygun bağıl nem düzeyine getirilip parafinlendi. Üçüncü aşamada kolemanit harcı hazırlanıp çubukların üretimine geçildi, üretilen çubuklar ahşap bloklara yerleştirildi. Numunelerin yarısı için oyuklara etilen glikol ilave edildi. Ahşap bloklar 7 gün, 30 gün, 60 gün ve 90 gün bekletildikten sonra belirli 3 bölgesinden numune alınıp ICP-OES ile bor elementi miktar tayini yapılmıştır.



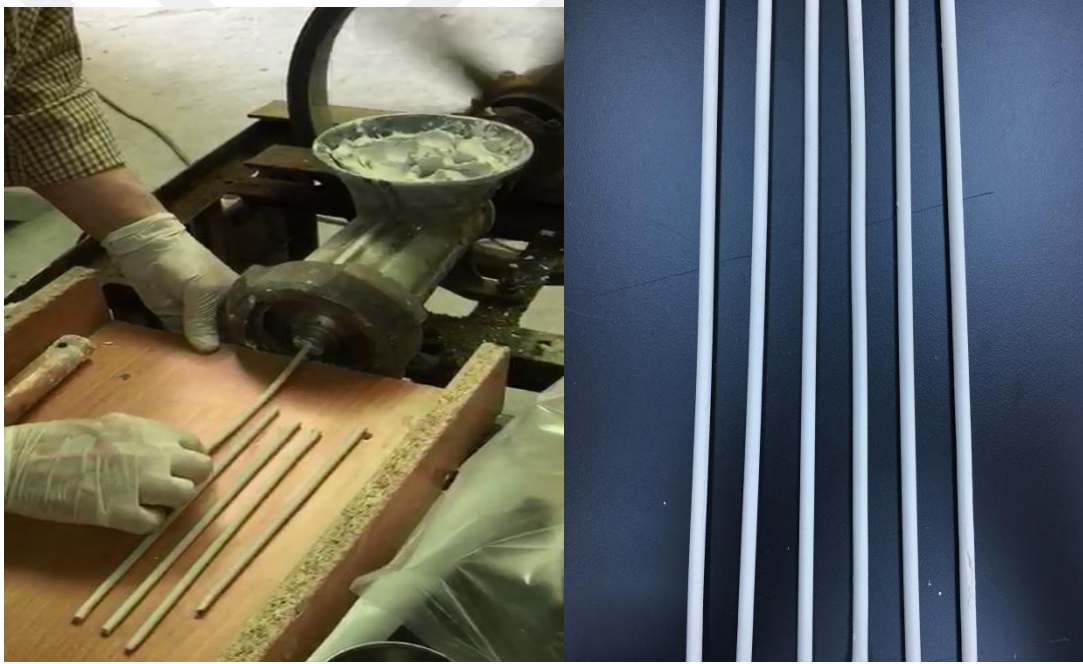
Şekil 5.3 Deneysel Yöntem Akış Şeması

5.3.1 Kolemanit mineralinin hazırlanması

Kullanılan kolemanit mineralinin ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kristal faz özellikleri XRD paterni ile belirlenmiştir.

5.3.2 Çubuk hamurunun hazırlanması ve çubuk üretimi

Bu deneysel çalışmada kolemanit saflaştırma işlemine tabi tutulmadan distile su ile mikser yardımıyla 1000 g kolemanit / 180 ml su oranında karıştırılıp homojen bir hamur elde edilmiştir. Elde edilen hamur Remsan Refrakter Malzeme San. Tic. A.Ş. den temin edilen kalıplı ekstrüder yardımıyla çubuk formuna dönüştürülmüştür. Bu şekilde 6 mm çapında 10 cm boyunda yaklaşık 1.8 gram ağırlığında seri olarak 160 tane çubuk üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.4).



(a)

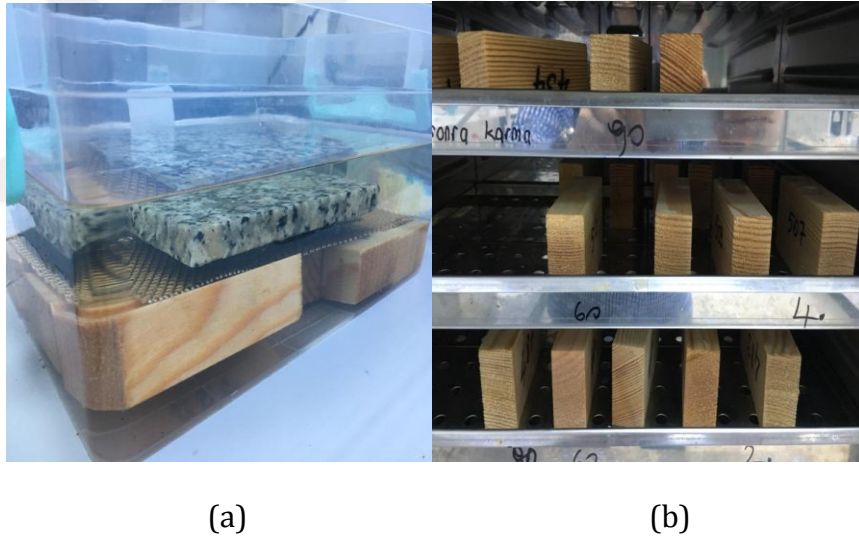
(b)

Şekil 5.4 (a) Kalıplı Ekstrüder ile Kolemanit Katı Çubuk Üretimi (b) Kalıplı Ekstrüder Makinasından Çıkan Kolemanit Çubukları

Kolemanit katı çubuğu üretiminde kalıpların hassas oluşu ve sık olarak kırılması, ekstrüder sisteminin sıkışması, hamurun kuruması gibi darboğazlarla karşılaşmıştır.

5.3.3 Ahşap örneklerinin hazırlanması

Bu çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) öz ve diri odunundan elde edilen odun örnekleri (100 x 150 x 50 mm) kullanılmıştır. Her bir kolemanit katı çubuğu için 2 diri odun, 2 öz odun örneği hazırlanmıştır. Ahşap bloklar sürekli tartma işlemleri ile %30, %60 ve %90 denge rutubet düzeyine getirilmiştir. Bu işlem için örnekler ilk olarak etüvde kurutulup (105 °C / 3 gün), tartılıp distile su ile emprenye edilerek su ile doymun hale getirilmiştir. Bloklar vakum desikatöründe yüzmeyecek şekilde yerleştirilip, iç basınç ($0,7 \pm 0,1$ kPa) düştüğünde 30 dk vakum uygulanmıştır. Ardından distile su desikatörün üzerindeki vana yardımıyla yavaş yavaş eklenerek, 30 dakika vakum altında emprenye edilmiştir. Desikatör içerisindeki suyun azalması durumunda yeniden distile su ilavesi yapılmıştır (Şekil 5.5 (a)).



Şekil 5.5 (a) Su ile Doymun Hale Getirilen Ahşap Bloklar (b) Denge Rutubeti için Örneklerin Etüvde Kurutulması

İşlemin sonunda örnekler bir maşa yardımıyla alınıp çok kısa süre süzdürülmüştür. Hemen ardından hızlı bir şekilde 0,01 g hassas terazide örneklerin yaş ağırlıkları tartılmış ve kaydedilmiştir. Örnekler sonra yeniden tartılmış, g ve kg/m^3 cinsinden su alım miktarları belirlenmiştir. Daha sonra örnekler oda sıcaklığında veya etüvlerde bekletilmiştir (Şekil 5.5 (b)). Ahşap

bloklar Şekil 5.6 gösterildiği gibi sıvı parafine batırılmış ve sonradan oluşabilecek rutubet kaybı önlenmiştir.



Şekil 5.6 Parafinlenmiş Ahşap Bloklar

5.3.4 Kolemanit çubuklarının ahşap bloklara yerleştirilmesi

Sarıçam odunlarının öz ve diri odun tabakasından elde edilen odun örneklerine marangozhanede dar yüzeylerinden itibaren 9 mm çapında 50 mm derinliğinde Şekil 5.7 (a)'de gösterildiği gibi oyuklar açılmıştır. Açılan oyuklara kolemanit çubukları Şekil Şekil 5.7 (b)'deki gibi yerleştirmiştir. Örneklerin yarısına bor yayılımını hızlandırmak için 1 ml etilen glikol enjekte edilmiştir (Şekil 5.7 (c)).



(a)

(b)

(c)

Şekil 5.7 (a) Çubuk Yerleştirmeye Hazır Ahşap Blok Örnekleri (b) Kolemanit Çubuğunun Ahşap Bloklara Yerleştirilmesi (c) Ahşap Bloklara 1 ml Etilen Glikol İlave Edilmesi

Yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra deliklerin açık kısımları kapatılmıştır. Kolemanit çubukları yerleştirilmiş odun örnekleri daha sonra 7, 30, 60 ve 90 gün

süre ile 20 °C’de kondisyonlama odalarında bekletildi (Şekil 5.8). Oda şartlarında yapılan testler bina içi yerinde bakım işlemleri için gerçekçi olacaktır.



Şekil 5.8 Numuneler 7, 30, 60 ve 90 Gün Kadar Desikatör İçerisinde Kondisyonlama Odalarında Bekletilmesi

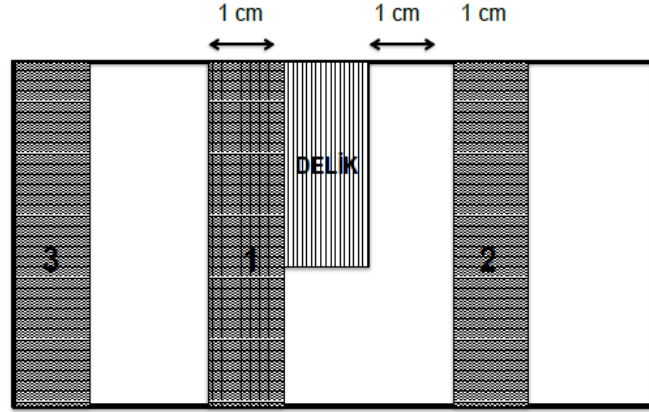
Bu süre içerisinde bor elementinin odundaki rutubet yardımıyla radyal, teğet ve boyuna yönde difüzyon yolu ile hareket etmesiyle odun içerisinde yayılımı gerçekleşti. Bor çubuklarının yerleştirilmesinde her bir deliğe yerleştirilen çubuklar önce etüvlerde 60 °C sıcaklıkta 1 gün kurutularak değişmez ağırlıkları elde edilmiştir. Daha sonra her bir delikte eşit BAE miktarlarında B elementi bulunması amacı ile, kolemanit çubuklarından 1,27 g çubuk örnekleri kesilmiş ve deliklere yerleştirilmiştir. Bu ağırlıkların elde edilmesinde kolemanitin içerdiği B element miktarları dikkate alınmıştır. 1. 27 g kolemanit çubuğu 0.2 g B elementi (15.7 bor/ kolemanit) içermektedir.

5.3.5 Ahşap bloklarda bor elementi yayılımının miktar tayini

Belirtilen sürelerde bekletildikten sonra ahşap blok marangozhanede önce boyuna ikiye bölündü (Şekil 5.9 (a)) . İkinci aşama olarak şekilde gösterilen 1. Bölge, 2.bölge ve 3.bölgeden kesitler (Şekil 5.9 (b)) alınıp önce tartılmış ve tam kuru hale gelene kadar kurutularak rutubet miktarları belirlenmiştir. İcp analizi için odun numuneler bilyeli odun öğütme cihazı ile odun unu (40 mesh) haline getirilmiştir (Şekil 5.10).



(a)



(b)

Şekil 5.9 (a) Ahşap Bloklar Enine İkiye Bölünüp Ardından (b) Belirlenmiş 1,2 ve 3 Nolu Bölgeden Kesit Alınmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.10 (a) Öğütülmeyi Bekleyen Odun Örnekler (b) Bilyeli Odun Öğütme Cihazı (c) Öğütülmüş Örnekler

Daha sonra Anton Paar microdalga çözömlendirme cihazı yardımıyla 15 ml % 65'lik nitrik asit (HNO_3) ile 0.5 g odun unu işleme tabi tutularak sıvılaştırılmıştır (Şekil 5.11)



Şekil 5.11 Anton Paar Mikrodalga Çözömlendirme Cihazı

Çözömlendirme prosesi şu şekildedir; ilk olarak sıcaklık 8 dk içinde 100 °C'ye çıkartıldı ardından 100 °C'de 3 dk bekletilip 3 dk içinde 195°C 'ye çıkartılıp 10 dk bekletildikten sonra 10 dk içinde soğutulularak tüm işlem 34 dk da tamamlanmıştır. Elde edilen sıvı numuneler ardından ultra saf su ile 50 ml tamamlanıp ICP-OES için hazır hale getirilmiştir. ICP analizleri için sıvı örnekler ICP Emission Spectrometer (Schimadzu ICPE-9000, Japan) cihazı ile analiz edilmiştir.

Odun örneklerinde inceleme bölgelerinde (1, 2 ve 3 nolu bölgeler) bulunan bor element miktarlarının hesaplanmasında öncelikle ICP cihazında okunan ppm (mg/L) biriminden sulu çözeltilerde bulunan B miktarları elde edilmiştir. Daha sonra, seyreltme durumları, tartılan ve yakılan odun miktarları ve yakma sonucu elde edilen sıvı miktarları da göz önüne alınarak mg/kg biriminden B element miktarı; 50 ml de mg biriminden B element miktarı; odundaki % B element miktarı; kg/m³ biriminden B element miktarları (Sarı çam öz ve diri odunlarının tam kuru yoğunluğunun 0,402 ve 0,410 g/cm³ olarak belirlenmesi ile); % ve kg/m³ BAE birimleri ile B element miktarları hesaplanmıştır. BAE değerlerin elde edilmesinde kolemanit minerali için 1,109 katsayısı kullanılmıştır. Böylece proje genel sonuçları hem % BAE (ahşap korumada minimum koruma değeri % 0.1 BAE) ve hem de kg/m³ BAE olarak verilmiş ve literatürde verilen değerlerle karşılaştırma olanağı elde edilmiştir.

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/kg olduğundan} \quad (5.1)$$

Odunda ppm Biriminden B Miktarı = Odun Yoğunluğu / 1000000 kg/m³ B eşitliği kullanılarak kg/m³ biriminden B element değerleri hesaplanmıştır.

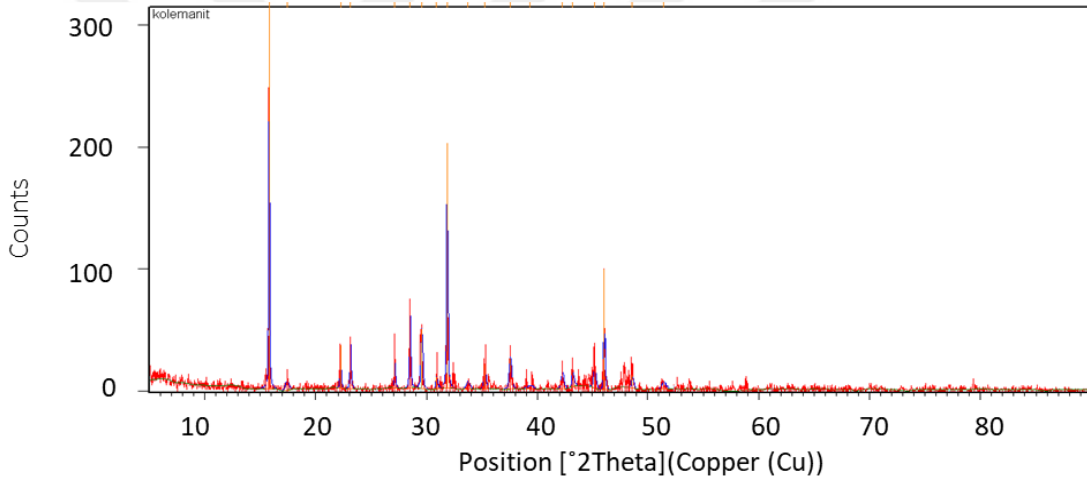
Kolemanit mineralinin mol ağırlığı 410,8 g olup, içerisinde 64,8 g B elementi bulunmaktadır (yüzde olarak da 15,7 bor içermektedir).

Bu durumda $17,49/15,7 = 1,109$ olarak katsayısı elde edilmiştir.

$$\% \text{BAE Kolemanit} = 1,109 \times \% \text{Kolemanit} \quad (5.2)$$

6.1 Kolemanit mineralinin kristal faz özellikleri

Bor çubuğu yapımında kullanılan kolemanit minerallerinin kristal faz özellikleri XRD analizi ile belirlenmiştir. XRD diyagramları için toz haldeki numune alüminyum numune kabına boşaltılmış ve düz bir yüzey elde edilmesine dikkat edilerek analiz için hazırlanmıştır. XRD paterni incelendiğinde kolemanitin ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kristal yapı özellikleri PDF Kard No 01-082-1825 monoklinik düzlemde olduğu teyit edilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Kolemanit Mineralinin XRD Paterni

6.2 Bekleme Süresi Sonrası Odun Örneklerinin Rutubet Miktarları

Teoride, borun salınımı ve difüzyonu çubukların su ile (odun rutubeti) temasa geçmesi neticesinde gerçekleşir [12]. Bor elementinin odun içerisinde difüzyonu odunun rutubet miktarına önemli derecede bağlıdır. Bor ahşap yapıda su veya rutubet yardımıyla taşınmaktadır [17]. Bundan yola çıkarak bor difüzyonunun rutubetli bölgelerde yüksek olmasını beklemek olağandır. Önemli nokta kuru odunda gaz veya su buharı su fazın hareketini engeller ve difüzyonu bloke eder. Bu

da difüzyon için elverişli geçiş yollarının sayısının azalmasına neden olur. Nemli odunda ise hemen hemen tüm yönlerde difüzyon meydana gelmektedir. Ahşap yapı ve elemanlarının yerinde bakım işlemlerinde, difüze maddeler su aracılığıyla ahşap yapının içine doğru hareket eder. Difüze olabilen koruyucular ahşap içinde yeterli nem (en az % 20 nem) olduğu sürece yapı içerisinde yayılır [12, 13].

Her bir kolemanit katı çubuğu için odunun diri odun ve öz odun bölgesinden hazırlanmış ahşap blokları sürekli tartma işlemleri ile %30, %60 ve %90 denge rutubet düzeyine getirilmiştir. Ahşap blokların diri ve öz odun bölgelerine yerleştirilen kolemanit çubukları 7 gün, 30 gün, 60 gün ve 90 gün 20°C'de kondisyonlama odalarında bekletilmiştir. Süre sonunda alınan blokların nem miktarları nem tayin cihazıyla ölçümü yapılmış olup bekleme sürelerinde odun örneklerinin sahip oldukları rutubet miktarları Çizelge 6.1'de verilmektedir.

Çizelge 6.1 incelendiğinde, 7, 30, 60 ve 90 günlük inkübasyon süreleri boyunca test örneklerinin gerçek ortalama rutubet içerikleri, tüm üç hedef rutubet seviyesindeki örnekler için 90 günlük süre boyunca düşmüştür. Bu durum, blokların parafinle kaplanması, açılan deliklerin bantlanması ve örneklerin desikatörlerde bekletilmesi rutubet kaybını engellemediğini göstermiştir. Hedef rutubet seviyeleri % 30 ve % 60 olan örneklerde rutubet miktarının biraz daha düşük olarak tespit edilmiştir. 90 günlük inkübasyon periyodu sonunda, % 60 ve % 90 hedef rutubete sahip örneklerdeki rutubet seviyesinin, lif doygunluğu noktasının (LDN) oldukça üzerinde olduğu, bununla birlikte, % 30 hedef rutubete sahip örneklerde tüm inkübasyon rutubetleri sonunda örneklerin rutubet içeriğinin % 24 ile % 34 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Etilen glikollü örneklerde nem kaybının daha düşük olduğu görülmüştür.

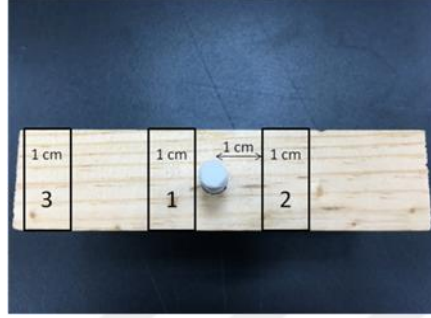
DOT çubuklarında, kolemanit çubuklarının hazırlandığı gibi hazırlanmıştır. %30, %60, %90 bağımlı nemdeki ahşap bloklara yerleştirilerek 7 gün, 30 gün, 60 gün ve 90 gün 20°C'de kondisyonlama odalarında bekletilmiştir. Çizelge 6.1'de DOT çubuklarının yerleştirildiği ahşap blokların nem düzeyi verilmiştir. Hedef rutubet seviyesi diri ve öz odunun etilen glikollü ve glikolsüz örneklerinde düşük göstermiştir.

Çizelge 6.1 Bekleme Sürelerinde Odun Örneklerinin Sahip Oldukları Rutubet Miktarları
Parantez İçerisindeki Rakamlar Standart Sapmayı Göstermektedir

Bekleme Süresi (gün)		Nem (%)					
		30	60	90	30	60	90
		Kolemanit			DOT		
Diri odun	7	27.4 (3.6)	57.4 (2.2)	89.4 (8.0)	28.6 (0.3)	58.4 (2.8)	86.4 (2.2)
	30	26.2 (3.9)	55.4 (4.1)	74.6 (5.1)	26.0 (2.0)	56.2 (1.4)	76.6 (5.2)
	60	26.5 (1.3)	47.9 (3.0)	69.6 (0.4)	27.7 (5.3)	51.8 (5.4)	76.2 (0.9)
	90	27.7 (0.4)	49.6 (2.9)	70.4 (5.2)	25.8 (4.2)	55.8 (0.2)	75.2 (2.0)
Öz odun	7	30.7 (3.8)	63.6 (5.0)	86.2 (0.3)	33.0 (1.4)	59.9 (2.2)	84.5 (5.5)
	30	30.5 (1.0)	61.4 (4.6)	77.0 (2.4)	30.9 (3.5)	63.2 (2.0)	74.7 (0.4)
	60	27.8 (1.0)	55.3 (8.0)	78.9 (0.3)	29.7 (2.1)	61.0 (2.4)	78.8 (2.2)
	90	26.4 (0.5)	53.8 (3.0)	77.0 (2.0)	31.0 (0.0)	54.3 (0.8)	76.4 (1.2)
Bekleme Süresi (gün)		Kolemanit + EG			DOT+EG		
Diri odun	7	29.3 (5.4)	60.6 (2.2)	90.7 (1.9)	31.0 (5.7)	57.9(0.1)	85.0 (3.1)
	30	27.9 (0.2)	53.9 (4.0)	82.8 (0.2)	24.9(2.0)	55.2 (1.2)	81.3 (3.4)
	60	21.4 (0.1)	47.4 (2.5)	76.4 (1.1)	23.5 (2.1)	56.7 (5.0)	78.0 (3.4)
	90	20.6 (3.3)	40.0 (0.3)	65.3 (5.2)	25.8 (1.1)	56.0 (3.1)	77.0 (0.8)
Öz odun	7	28.4 (1.2)	57.6 (2.2)	89.4 (0.9)	33.8 (0.9)	56.3 (3.0)	85.2 (2.2)
	30	27.3 (2.5)	55.6 (4.1)	76.3 (3.1)	25.8 (2.0)	53.0 (0.4)	81.4 (5.0)
	60	27.0 (4.0)	56.9 (3.8)	79.6 (1.1)	26.0 (2.6)	55.8 (0.1)	78.3 (0.1)
	90	27.0 (5.3)	51.8 (3.0)	76.4 (2.6)	26.1 (6.0)	57.2 (3.1)	73.0 (4.2)

6.3 Odun Örneklerinin 1, 2 ve 3 Nolu Analiz Bölgelerinde Belirlenen Bor Element Miktarları

7 gün, 30 gün, 60 gün ve 90 gün bekletilen %30, %60 ve %90 hedef denge rutubetindeki ahşap bloklar, kolemanit çubuğunun yerleştirildiği delikten itibaren 1 cm genişlikte olan üç bölgeye ayrılmıştır.



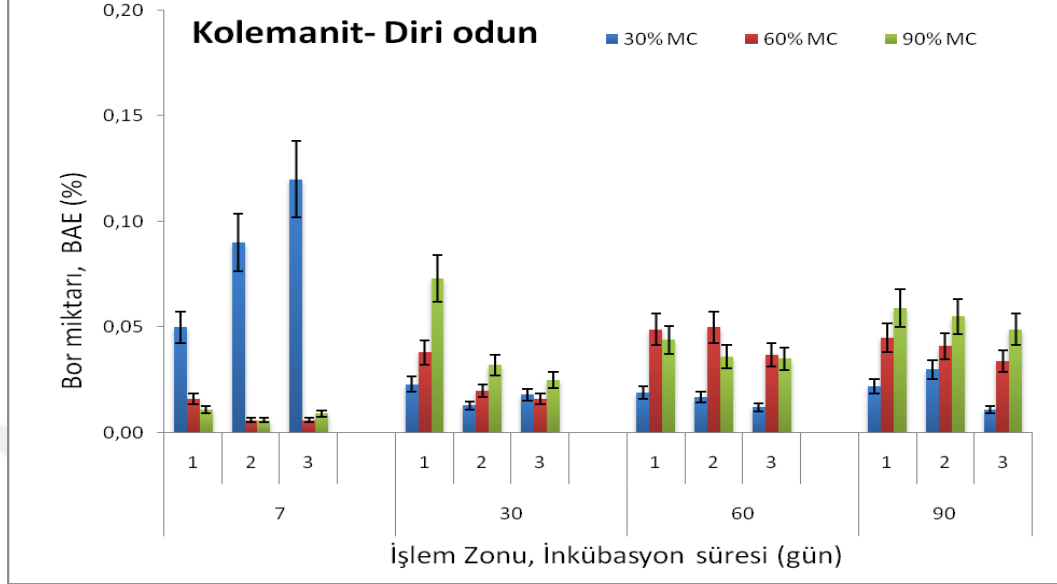
Şekil 6.2 Sarıçam Odunu Analiz için Üç Parçaya Bölünmüştür

Her bölgede bor miktarı tayini yapılmıştır. Şekil 6.3 –6.6'da odun örneklerinin 1, 2 ve 3 nolu analiz bölgelerinde belirlenen %BAE olarak bor element miktarları ile odun örneklerindeki kolemanit dağılımı verilmektedir. Odun örneklerinin bor içerikleri genellikle başlangıçtaki rutubet içeriği ve inkübasyon süresi arttıkça artış göstermiştir.

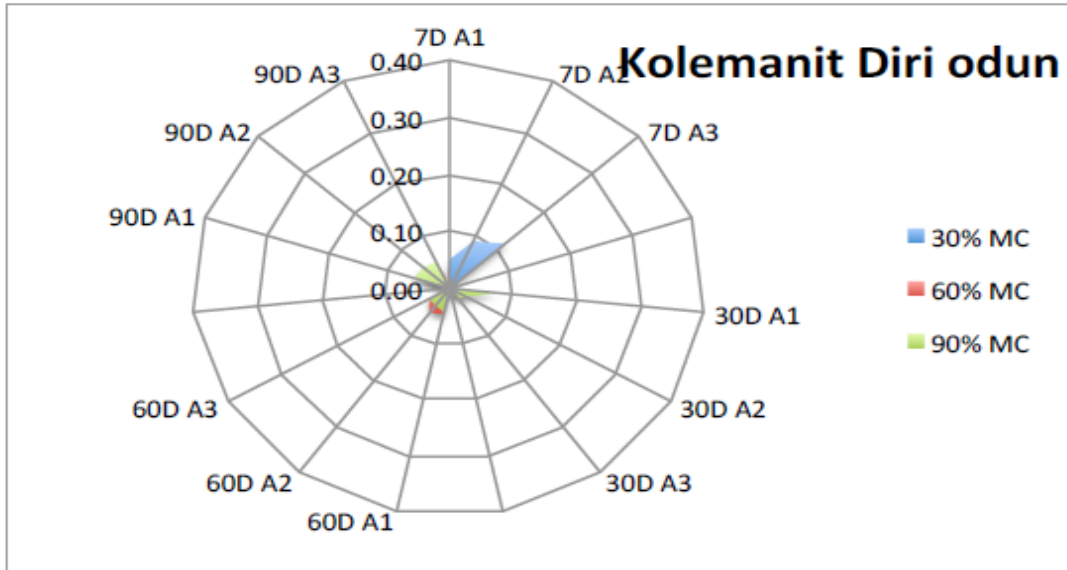
Glikollü ve glikolsüz diri odun ve öz odun örneklerindeki kolemanit çubuklarından yayılan bor elementinin % (BAE) dağılımları alansal olarak Şekil 6.3(b)-6.6(b)'de gösterilmiş ve farklı renklerle taranan alanlarda farklı odun rutubetlerindeki farklı zonlardaki bor dağılımı verilmiştir. Bu şekilde daha önce rakamlarla verilen B dağılımları görsel olarak da incelenebilmektedir.

Glikollü ve glikolsüz diri odun ve öz odun örneklerindeki DOT çubuklarından yayılan bor elementinin % (BAE) dağılımları alansal olarak Şekil 6.7(b)-6.10(b)'de gösterilmiş ve farklı renklerle taranan alanlarda farklı odun rutubetlerindeki farklı zonlardaki bor dağılımı verilmiştir. Bu şekilde daha önce rakamlarla verilen B dağılımları görsel olarak da incelenebilmektedir.

7 günlük inkübasyon periyodu sonunda %30 bağıl nemdeki diri odun örneklerinde üçüncü analiz bölgesinde bor içeriğinin % 0,1 BAE eşik değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.3).



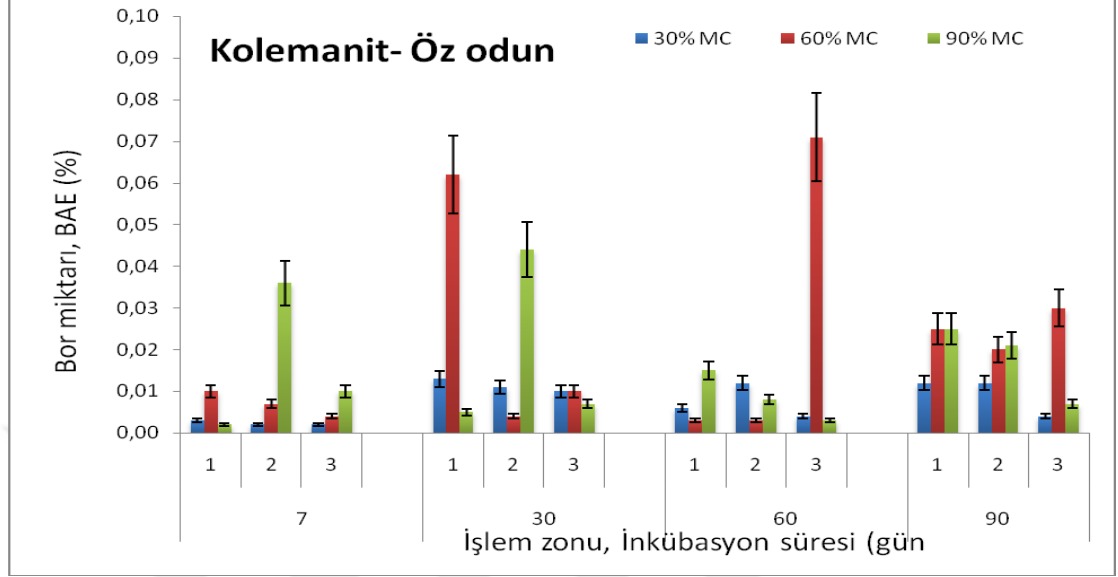
(a)



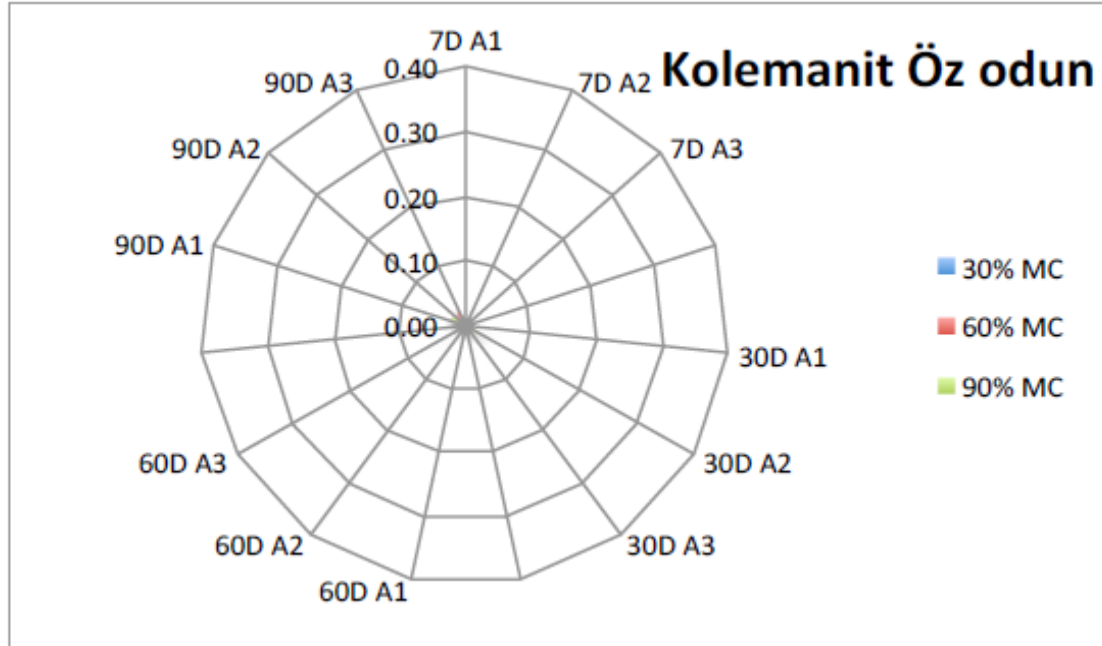
(b)

Şekil 6.3 (a) Kolemanitin Diri Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Diri Odun Örneklerinde Kolemanit Dağılımı

30 ve 60 günlük inkübasyon periyodu sonunda % 60 rutubet içeriğinde öz odun örneklerinde sırasıyla birinci ve üçüncü analiz bölgesinde bor içeriğinin % 0,1 BAE eşik değerine yaklaştığı tespit edilmiştir (Şekil 6.4).



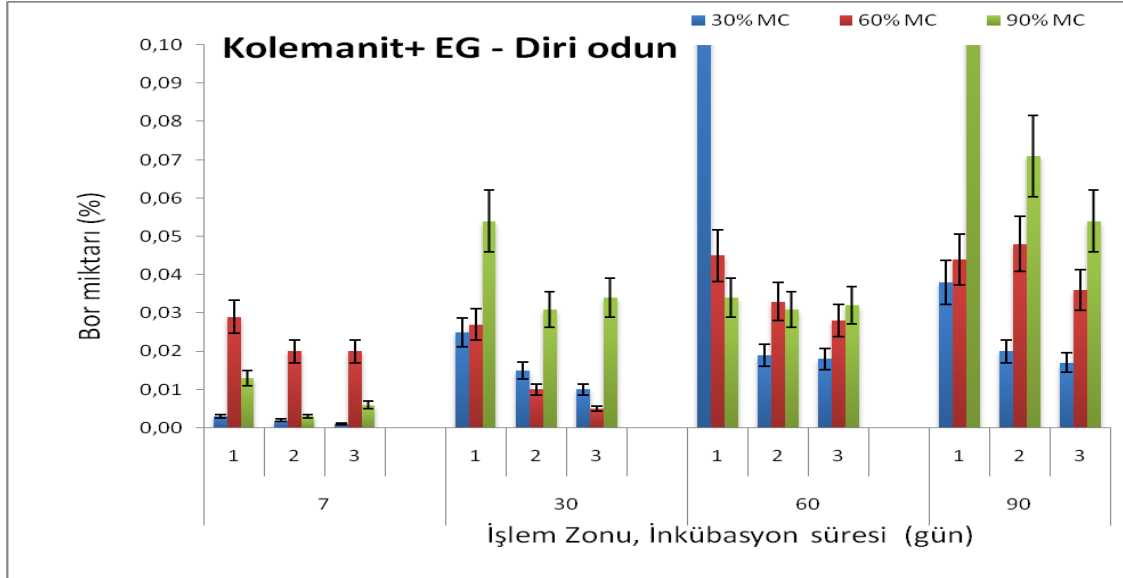
(a)



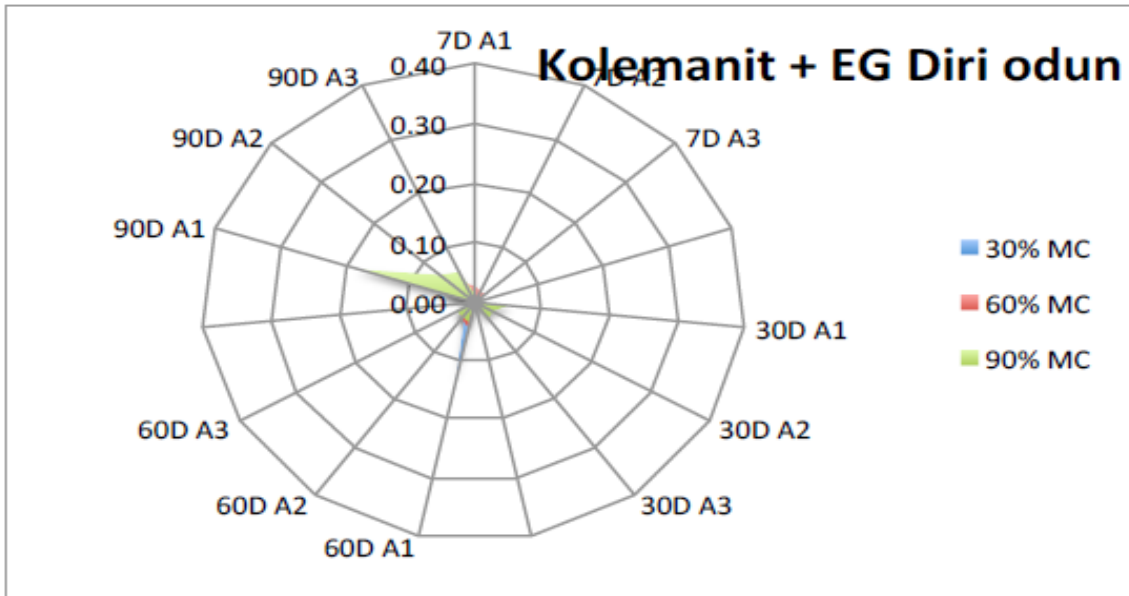
(b)

Şekil 6.4 (a) Kolemanitin Öz Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Öz Odun Örneklerinde Kolemanit Dağılımı

Etilen glkol içeren diri odun örneklerinde, 60 günlük inkübasyon süresi sonunda % 30 hedef rutubet içeriğinde birinci analiz bölgesinde ve 90 günlük inkübasyon süresi sonunda % 90 hedef rutubet içeriğinde birinci analiz bölgesinde % 0,1 BAE eşik değerin aşıldığı tespit edilmiştir (Şekil 6.5).



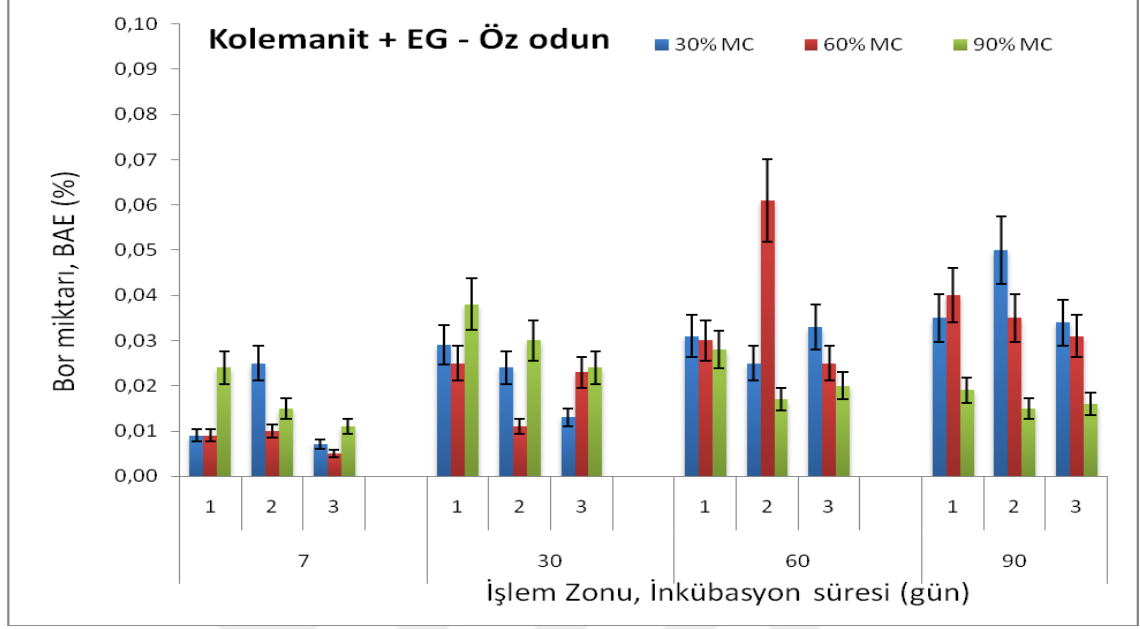
(a)



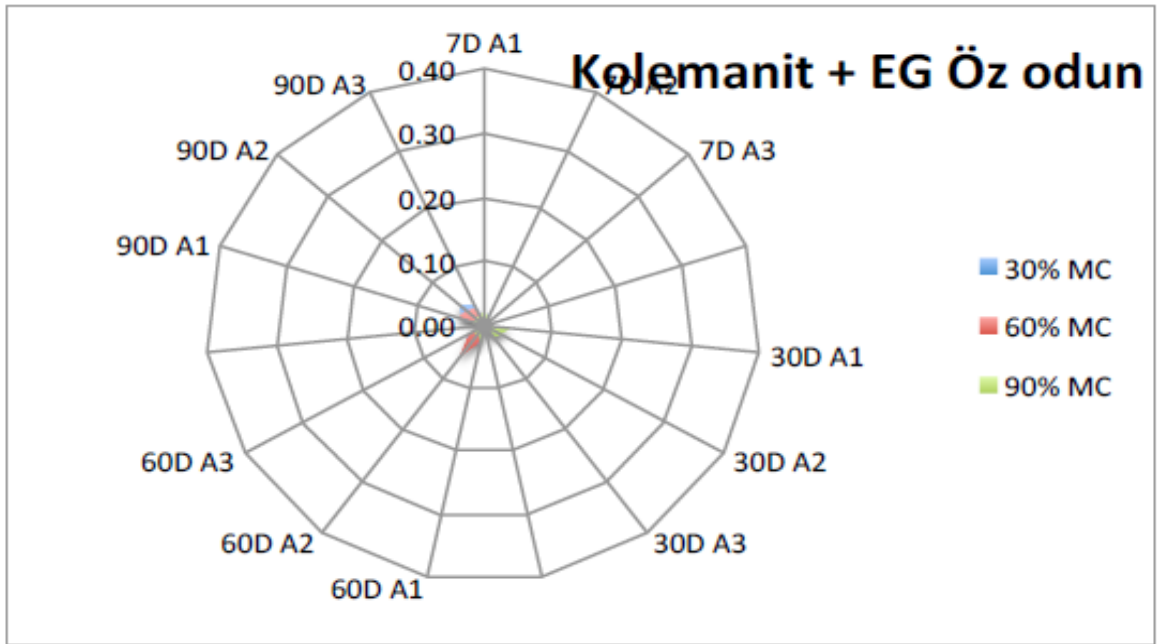
(b)

Şekil 6.5 (a) Kolemanit/EG Diri Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Diri Odun Örneklerinde Kolemanit/EG Dağılımı

Etilen glikol kolemanit diri odun bölgesinde gösterdiği etkiyi öz odun bölgesinde göstermemektedir. Şekil 6.6'te görüldüğü üzere hiçbir işlem bölgesinde bor miktarı % 0,1 BAE eşik değerini aşmadığı tespit edilmiştir.



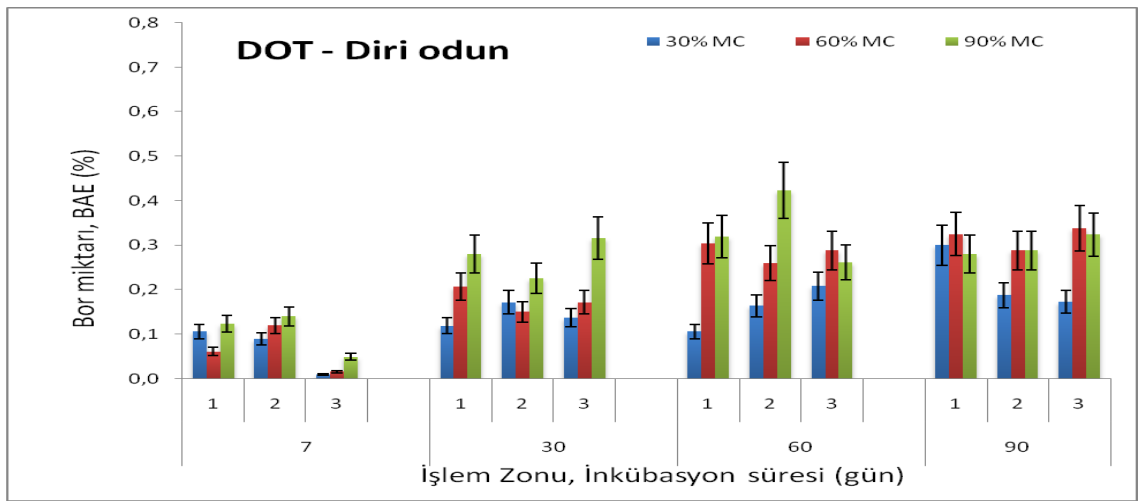
(a)



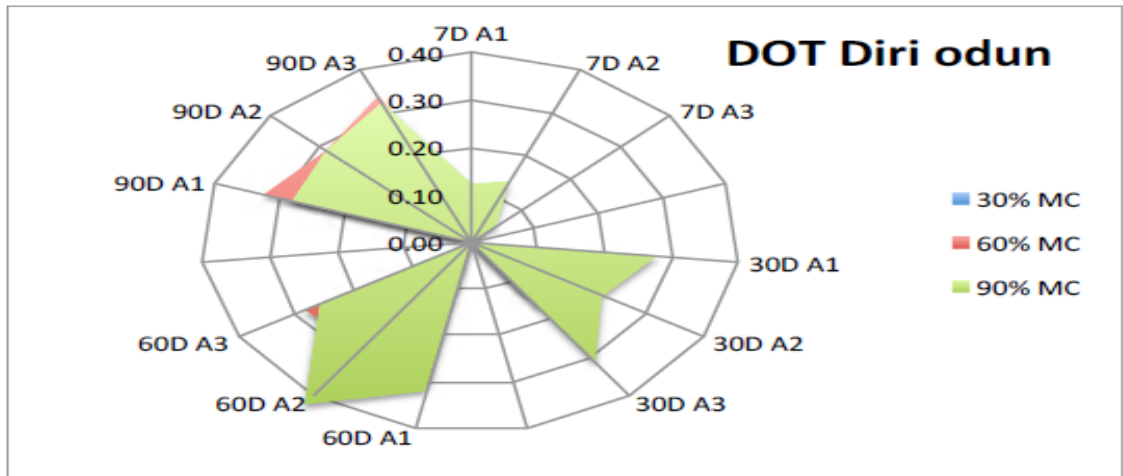
(b)

Şekil 6.6 (a) Kolemanitin/EG Öz Odun Bölgesinde İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Blok Nem Düzeyi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Öz Odun Örneklerinde Kolemanit/EG Dağılımı

DOT çubuklarının 7 günlük inkübasyon periyodu sonunda diri odun bölgesinin %60 bağıl nemdeki birinci analiz bölgesi, %30 bağıl nemdeki ikinci analiz bölgesi ve üçüncü analiz bölgesinde bor yayılımı minimum koruma eşik değeri % 0.1 BAE'yi geçememiştir (Şekil 6.6). Glikollü ve glikolsüz diri odun ve öz odun örneklerindeki DOT çubuklarından yayılan bor elementinin % (BAE) dağılımları alansal olarak Şekil 6.7 (b)-6.10 (b)'da gösterilmiş ve farklı renklerle taranan alanlarda farklı odun rutubetlerindeki farklı zonlardaki bor dağılımı verilmiştir. Bu şekilde daha önce rakamlarla verilen bor dağılımları görsel olarak da incelenebilmektedir.



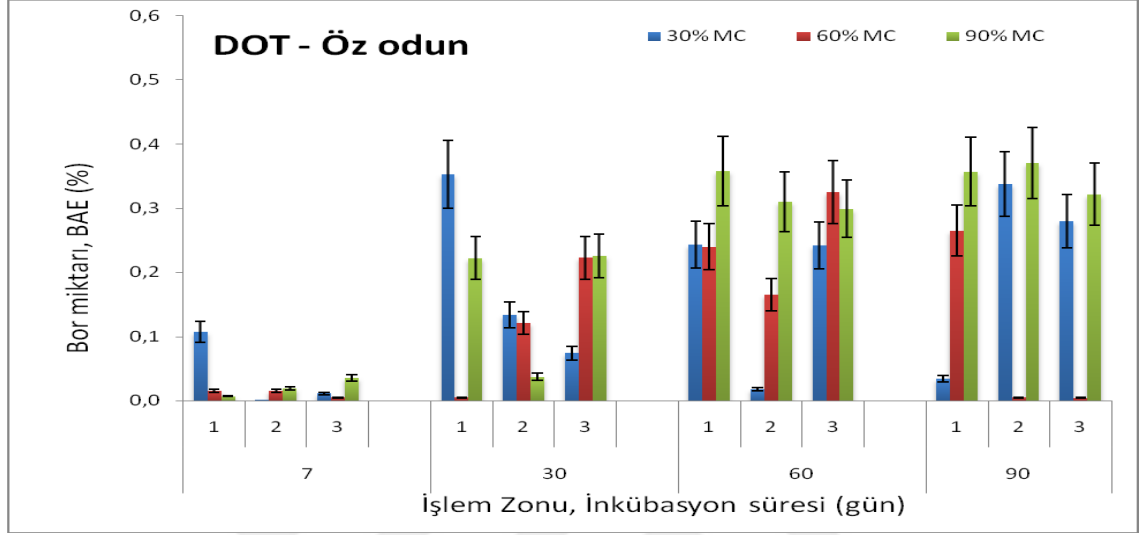
(a)



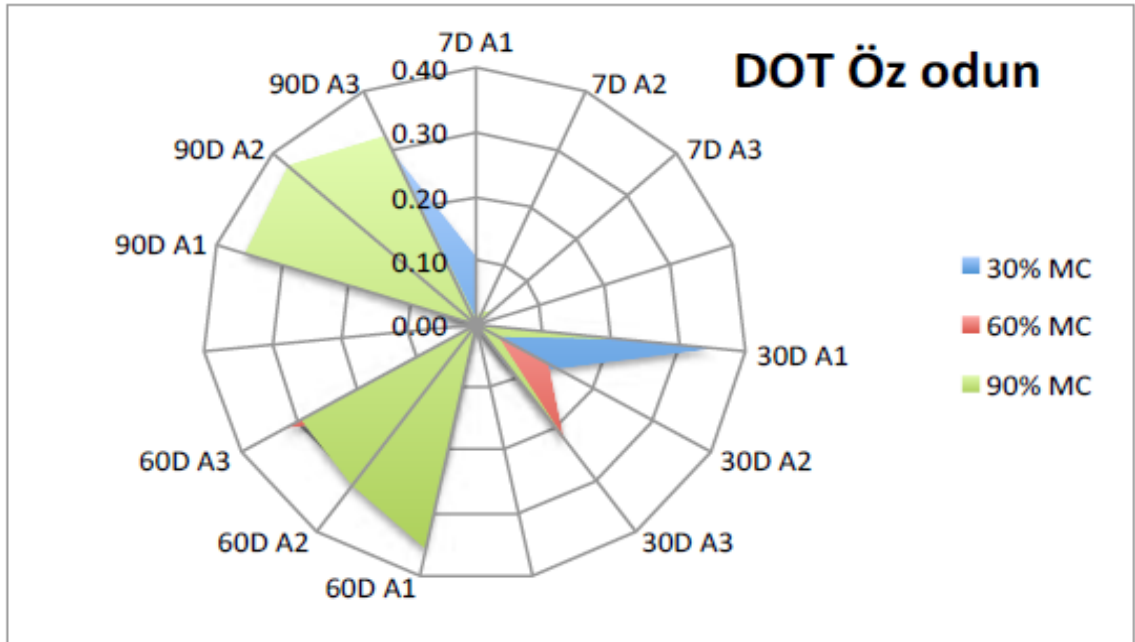
(b)

Şekil 6.7 (a) DOT'un Diri Odun, İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı ilişkisi (% BAE) (b) Diri Odun DOT Dağılımı

DOT çubuklarının 7 günlük inkübasyon periyodu sonunda öz odun bölgesinin %60 ve %90 bağıl nemdeki birinci analiz bölgesi, %30, %60 ve %90 bağıl nemdeki ikinci analiz bölgesi ve %30, %60 ve %90 üçüncü analiz bölgesinde bor yayılımı minimum koruma eşik değeri % 0,1 BAE'yi geçememiştir. En yüksek bor yayılımı 30 günlük inkübasyonda bekletilen %30 bağıl nemdeki birinci bölgedir (Şekil 6.8).

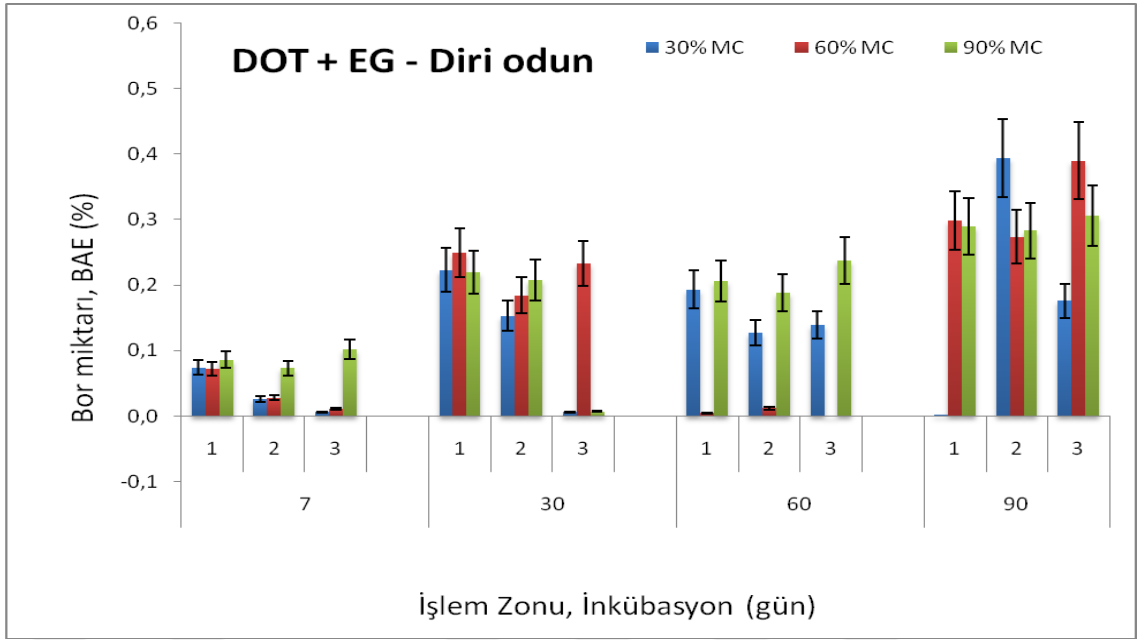


(a)

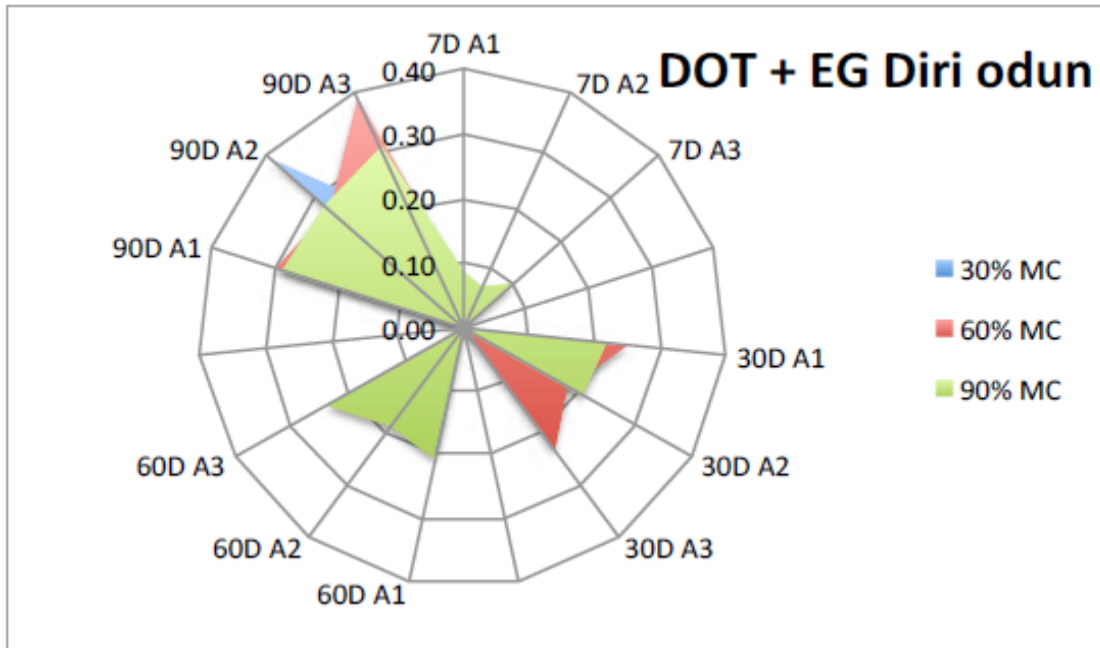


Şekil 6.8 (a) DOT'un Öz Odun, İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (% BAE) (b) Öz Odun DOT Dağılımı

DOT çubuklarının en yüksek yayılımı 90 günlük inkübasyon periyodu sonunda %30 bağıl nemdeki birinci bölgede ve %60 bağıl nemdeki ikinci bölgede görülmüştür (Şekil 6.9).



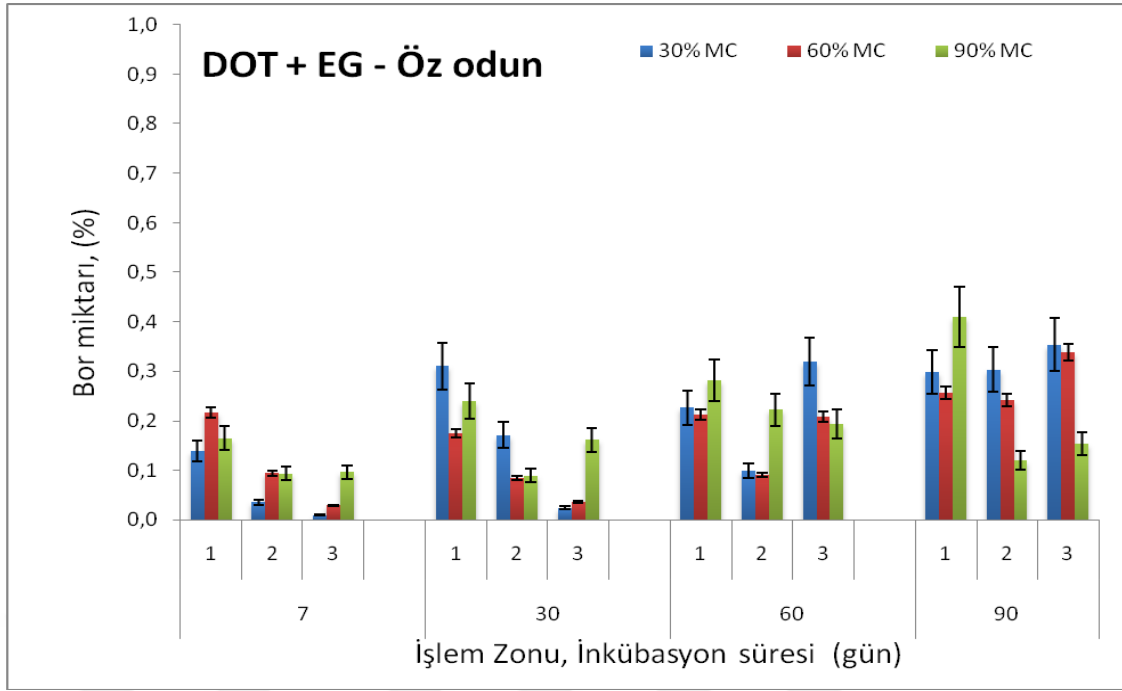
(a)



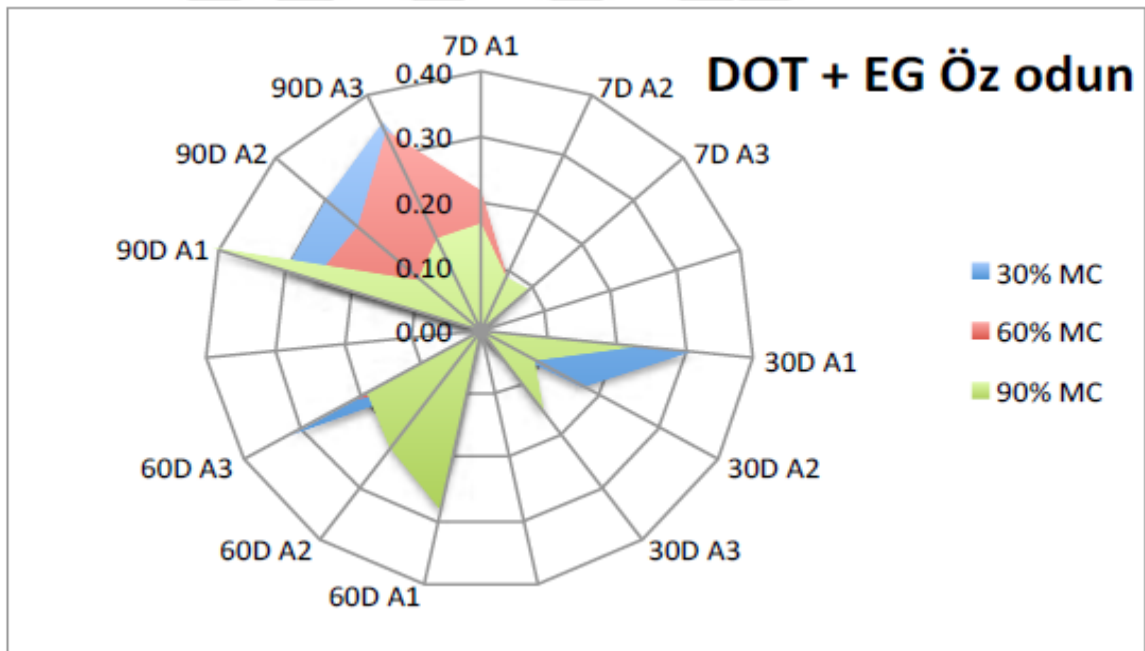
(b)

Şekil 6.9 (a) DOT/EG Diri Odun İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ile Bor Miktarı İlişkisi (%BAE) (b) Diri Odun Örneklerinde DOT+EG Dağılımı

DOT çubuklarının etilen glikollü öz odundaki yayılımı inkübasyon süresinin artışı ile artmıştır. En yüksek yayılım 90 günlük inkübasyon periyodu sonunda %90 bağıl nemdeki birinci bölgede görülmüştür (Şekil 6.10).



(a)



Şekil 6.10 DOT/EG Öz Odun İnceleme Zonu, Bekleme Süresi ve Bor Miktarı İlişkisi (%BAE) (b) Öz Odun Örneklerinde DOT+EG Dağılımı

Sonuç olarak, kolemanit esaslı çubukların yerleştirildiği diri odun ve öz odun örneklerindeki bor yayılımı DOT çubuklarının yerleştirildiği diri odun ve öz odun örneklerindeki bor yayılımına göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Kolemanit çubuklarının yerleştirildiği etilen glkol ek uygulaması yapılan ahşap bloklardaki bor

içeriği, DOT çubuklarının yerleştirildiği etilen glikol ek uygulaması yapılan ahşap bloklardaki bor içeriğinden önemli ölçüde daha az olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6.3, 6.4, 6.5 sırası ile odun örneklerindeki bor elementi 1. inceleme bölgesi, 2. inceleme bölgesi ve 3. inceleme bölgesi için istatistik analiz sonuçları verilmektedir. Tablolarda her bir bekleme süresi (7, 30, 60 veya 90 gün) odun rutubet değerleri (% 30, % 60 ve % 90) esas alınarak kolemanit ve DOT çubukları karşılaştırılmıştır. Kolemanit ve DOT bileşiğinin diri odun/öz odun ve EG'süz ve EG'lü formülasyonları kendi içlerinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Güven aralığı $p \leq 0,05$ olarak seçilmiştir. Her bir değerlendirme satırında aynı harfler değerlendirilen 2 bileşik arasında istatistiksel anlamda farklılığın olmadığını ve farklı harfler ise istatistiksel olarak anlam farkının olduğunu göstermektedir (Duncan's Multiple Range Test – DMRT esas alınarak).

Kolemanit (C) ve DOT (A) çubuklarından, %90 bağıl nemli diri odunda 90 günlük bekleme süresi sonunda yayılan bor miktarının farklı harflerle değerlendirilmiştir. Duncan's Multiple Range Test – DMRT'ye göre bor yayılım miktarının istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bununla beraber kolemanit (A) ve DOT (A) çubuklarından, %60 bağıl nemli öz odunda 30 günlük bekleme süresi sonunda yayılan bor miktarı aynı harflerle gösterilmiş olup istatistiksel teste göre iki bileşik arasında anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir.

Bütün incelemeler sonucunda, zonlarında bazı istisnalar hariç DOT ile kolemanit çubukları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu farklılıklar gerek diri odun/öz odun ve gerekse EG katılımı olup olmaması durumlarında da istatistiksel olarak anlamlı olmuştur.

Çizelge 6.2 Birinci İnceleme Bölgesi Karşılaştırılması

Odun bölgeleri	Bekleme süresi (gün)	Nem (%)					
		30	60	90	30	60	90
		Kolemanit			DOT		
Diri odun	7	B	B	B	A	A	AB
	30	B	B	B	A	A	A
	60	B	C	C	A	A	A
	90	C	C	C	A	A	A
Öz odun	7	C	A	B	A	A	B
	30	BC	A	C	A	A	A
	60	C	C	C	A	A	A
	90	AB	C	C	A	A	A
Odun bölgeleri	Bekleme süresi (gün)	Kolemanit + EG			DOT + EG		
Diri odun	7	C	AB	C	A	A	A
	30	C	AB	C	A	A	A
	60	B	B	C	A	C	A
	90	B	C	B	C	A	A
Öz odun	7	C	C	C	A	A	A
	30	B	B	C	A	A	A
	60	B	C	C	A	A	A
	90	B	C	C	A	A	A

Çizelge 6.3 İkinci İnceleme Bölgesi Karşılaştırılması

Odun bölgeleri	Bekleme süresi (gün)	Nem (%)					
		30	60	90	30	60	90
		Kolemanit			DOT		
Diri odun	7	A	B	B	A	A	A
	30	B	B	B	A	A	A
	60	B	B	B	A	A	A
	90	B	C	B	A	A	A
Öz odun	7	A	AB	A	A	A	B
	30	B	C	A	A	A	A
	60	B	C	C	B	A	A
	90	B	B	C	A	B	A
Odun bölgeleri	Bekleme süresi (gün)	Kolemanit + EG			DOT + EG		
Diri odun	7	B	B	C	A	B	A
	30	B	C	C	A	A	A
	60	C	B	C	A	B	A
	90	C	C	C	A	A	A
Öz odun	7	AB	C	BC	A	A	A
	30	C	C	BC	A	A	A
	60	BC	B	C	A	A	A
	90	C	C	C	A	A	A

Çizelge 6.4 Üçüncü İnceleme Bölgesi Karşılaştırılması

Odun bölgeleri	Bekleme süresi (gün)	Nem (%)					
		30	60	90	30	60	90
		Kolemanit			DOT		
Diri odun	7	A	B	B	B	B	A
	30	C	B	C	A	A	A
	60	C	C	C	A	A	A
	90	C	C	C	A	A	A
Öz odun	7	A	AB	B	A	A	A
	30	B	C	C	A	A	A
	60	C	B	C	A	A	A
	90	C	B	C	A	C	A
Odun bölgeleri	Bekleme süresi (gün)	Kolemanit + EG			DOT + EG		
Diri odun	7	B	AB	B	A	A	A
	30	A	C	B	A	A	C
	60	C	B	C	A	B	A
	90	C	C	C	A	A	A
Öz odun	7	A	C	B	A	A	A
	30	B	C	C	AB	A	A
	60	C	C	C	A	A	A
	90	C	C	C	A	A	A

Genel Değerlendirme ve Öneriler

Etilen glikol ek uygulaması yapılmayan kolemanit esaslı bor çubukların kullanıldığı odun örneklerindeki bor içeriği, DOT çubuklarının uygulandığı odun örneklerinden önemli ölçüde daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni olarak kolemanit mineralinin çözünürlüğü DOT'a kıyasla çok daha düşük olması gösterilebilir. Etilen glikolün, mineral esaslı çubuklar ile birlikte uygulama deliklerine eklenmesi sadece bor çubuğu uygulamasına kıyasla hem diri hem de öz odun örneklerinde biraz daha yüksek bor yayılımı sağlamıştır.

Bu tez çalışması sonucuna göre aşağıda bazı öneriler verilmiştir.

- i. Dış maksatlı uygulamalarda deliklere birden fazla işlem çubuklarının yerleştirilmesi gerek nüfuz edecek B element miktarının artmasına ve gerekse reservoir etkisi yaratabilme potansiyalinden dolayı etkin bir uygulama olabilecektir.
- ii. Gerek dış maksatlı ve gerekse bina içi uygulamalarda yerinde bakım işlemlerinde deliklere uygulanacak EG (etilen glikol) miktarı artırılabilir. Bu uygulama hem işlem bölgesinin rutubet artışına dolayısıyla da B elementinin daha uzak noktalara taşınmasında önemli rol oynayabilecektir.
- iii. Yerinde bakım işlemlerinde açılacak deliklerin derinliği, çapı ve sıklığı (aralıkları) artırılarak da minerallerden odun yapısına nüfuz alanı artırılabilir.
- iv. Çubuk uygulamasının yanısıra hali hazırda araştırmamız olan toz halinde minerallerin işlem deliklerine uygulanması da yerinde bakım işlemlerinde ahşap korumada başka bir alternatif işlem uygulaması olabilir.

- [1] Ö.Bozkurt, "Tarihi yapıların restorasyonunda, ahşabın biyolojik bozunmalarına karşı yerinde emprenye tekniklerinin uygulanabilirliği," Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, s. 25-30, 2008.
- [2] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s.318-339, 1993.
- [3] S.T. Lebow, R.W. Anthony, "Guide for use of wood preservatives in historic structures," General Technical Report FPL-GTR-217, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, pp.1, 2012.
- [4] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s.318-319, 1993.
- [5] S.T. Lebow, R.W. Anthony, "Guide for use of wood preservatives in historic structures," General Technical Report FPL-GTR-217, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, pp. 20-22, 2012.
- [6] S.T. Lebow, R.W. Anthony, "Guide for use of wood preservatives in historic structures," General Technical Report FPL-GTR-217, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, pp. 23, 2012.
- [7] R.D. Graham, "Improving the performance of wood poles. Proc. American Wood-Preservers," Assoc. 79 pp. 222-228, 1983.
- [8] J.J. Morrell, "Wood pole maintenance manual: a guide to specification, inspection and maintenance," Res. Contribution 14. Forest Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis, OR, 1996.
- [9] R. Cockcroft, J.F.R. Levy, "Bibliography on the use of boron compounds in the preservation of wood," J. of the Inst. of Wood Sci., 6(3), pp. 28-37, 1973.
- [10] G. Becker, "Treatment of wood by diffusion of salts," Doc. No. IRG/WP/358 International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden, 1976.
- [11] Y. Cabrera, J.J. Morrell, "Effect of wood moisture content and rod dosage on boron or fluoride movement through Douglas-fir heartwood", Forest Products Journal, 59(4), pp.93-96, 1976.
- [12] J.J. Morrell, M.E. Corden, "Controlling wood deterioration with fumigant: A review," Forest Products Journal, 36(10), pp.26-34, 1986.
- [13] M.L. Edlund, B. Henningsson, A. Kaarik and P.E. Dicker, "A chemical and mycological evaluation of fused borate rods and a boron/glycol solution for remedial treatment of window joinery," Doc. No. IRG/WP/3225. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden, 1983.

- [14] D. Dirol, "Borate diffusion in wood from rods and liquid product: Application to laminated beams," Doc. No. IRG/WP/3482. Inter. Res Group on Wood Preservation. Stockholm, Sweden, 1988.
- [15] D.J. Dickinson, P.I. Morris and B. Calver, "The secondary treatment of creosoted electricity poles with fused boron rods," Doc. No. IRG/WP/3485. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden, 1988.
- [16] S.T. Lebow, R.W. Anthony, "Guide for use of wood preservatives in historic structures," General Technical Report FPL-GTR-217, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, pp.21, 2012.
- [17] J.B. Ra, H.M. Barnes and T.E. Connors, "Determination of boron diffusion coefficients in wood," Wood and Fiber Science, 33(1), pp. 90-103, 2001.
- [18] J.J. Morrell, C.S. Love, "Fluoride movement through Douglas-fir and hem-fir lumber following dipping in potassium/ammonium bifluoride," IRG/WP/95-40040. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, 1995.
- [19] N. L. Weiss, "SMI: Mineral Processing Handbook," Vol. I, pp.4-27, ABD, 1985
- [20] M. Tümsek, "Emprenye maddeleri ile ilgili Standart Test Metotları ve Türkiye'de Emprenye Maddeleri retimi," K.T.. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 166, Trabzon, 1987.
- [21] Etibor A.Ş, Bor , <http://www.etiholding.gov.tr>, 2 Kasım 2018.
- [22] R. Perry, "Perry's Chemical Engineers' Handbook," 8th edition, McGraw-Hill Book Co.,New York, 2001.
- [23] Eti Maden., "Bor Sektör Raporu," Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2013.
- [24] G. Sümer, "Türkiyede Bor Bileşikleri," Uluslararası Bor Sempozyumu. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, 23-25 Eylül 2004.
- [25] N.N. Greenwood, "Boron, Pergamon Press," Oxford, s.327, 1973
- [26] Gmelin, "Handbook of Inorganic Chemistry, Boron Supplement," Vol.2, Elemental Boron, Boron Carbides, s. 242, 1981.
- [27] Y. rs, H. Keskin, "Ağaç malzeme bilgisi", I. Baskı, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, s.3, 2001.
- [28] İ. Usta, M. Hale, "Ağaç malzemenin korunması gerekliliğ," Yapı Dünyası, Temmuz.
- [29] G. Sümer, "Uluslararası Bor Sempozyumu," Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Eskişehir, 23-25 Eylül 2004 .

- [30] C. Helvacı, "Türkiye borat yataklarının mineralojisi" s. 37-54, 1983.
- [31] DPT, "Kimya sanayi özel ihtisas komisyonu raporu", Devlet Planlama Teşkilatı. Ediz. N. ve Özday H., 2001, "Bor Mineralleri ve Ekonomisi" , D.P.Ü. FBE Dergisi, 2, Kütahya, 2001.
- [32] T. Güyagüler, "Türkiye bor potansiyeli," 4 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-1910, İzmir, s. 18-27, 2001.
- [33] A. Sapmaz, "Ülkemiz bor madenciliği ve hukuki durumu," Türkiye Borat Yatakları, Workshop, İTÜ Maden Fakültesi, 16 3 2001, Edt Kmkoglu, S, Budakoglu, M.Çelenli, A-,s. 69-79, 2001.
- [34] Roskill, "Economics of Boron," 9th edition, 1999
- [35] O. Addemir, "İleri teknoloji Malzemelerinde Bor Türevleri Türkiye Borat Yatakları," Workshop, İTO Maden Fakültesi, 16.3.2001, Edt Kırıkoğlu, S, Budakoglu, M, Çelenk, A, s.43-46, 2001.
- [36] A. Kantürk, "borakstan sodyum borhidrür üretimi ve üretimi etkileyen parametrelerin incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [37] R.D. Graham, "Improving the performance of wood poles." Proc. American Wood-Preservers' Assoc. 79, s.222-228, 1983
- [38] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye Tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s. 17-22, 1993.
- [39] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye Tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s.17-29, 1993.
- [40]Biyolojidersim.com,YaşHalkalarınınOluşması,<http://www.biyolojidersim.com/tohumlu-bitkiler-kisimlari-2-govde/>, 12.11.2018
- [41] H. Sivrikaya, "Öz ve Diri Odun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri," Karaelmas Üniversitesi. s. 34, 2003.
- [42] H. Sivrikaya, "Öz ve Diri Odun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri," Karaelmas Üniversitesi, s.8, 2003.
- [43] H. Barnes, "Pressure Treatment of wood with emulsifiable," Forest Products Journal.
- [44] Tuzker, "Mantarlar," <http://tuzker.com.tr/ahsapin-dusmanlari/>, 25.11.2018.

- [45] H. Sivrikaya, "Öz ve Diri Odun Emprenye Edilebilirliği ve Dayanım Özellikleri," Karaelmas Üniversitesi. s.9, 2003.
- [46] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s:104-105, 1993.
- [47] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s:171-172, 1993.
- [48] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s. 172, 1993.
- [49] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s. 172-175, 1993.
- [50] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s:178, 1993.
- [51] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s. 179-183, 1993.
- [52] J.J. Morrell, , C.M. Sexton and K. Archer, "Diffusion of boron through selected wood species following application of fused borate rods", Forest Products Journal, pp. 42, 1992.
- [53] A.Y. Bozkurt, Y. Göker ve Y. Erdin, "Emprenye tekniği," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3779, O.F. Yayın No. 425, s.174-178, 1992.
- [54] Temasan emprenye, Basıncı emprenye sistemleri, <http://emprenye-basincikaplar.com/basincli-emprenye-sistemleri.html>, 10.10.2018.
- [55] S.T. Lebow, R.W. Anthony, "Guide for use of wood preservatives in historic structures", General Technical Report FPL-GTR-217, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, 2012.
- [56] C.M. Freitag, J.J. Morrell and C. S. Love, " Long-term performance of fused borate rods for limiting internal decay in Douglas-fir utility poles", Holzforschung, 2011.
- [57] T.K. Bhatia, "Use of borate-treated wood as part of an IPM approach for durable and sustainable construction," Proceedings of the 4th International

- Conference on Urban Pests. S.C. Jones, J. Zhai, and Wm H. Robinson Editors, pp. 269-276, 2002.
- [58] E. Terzi, S. N. Kartal, P. Gerardin, C. M. Ibanez and T. Yoshimura, "Biological performance of particleboard incorporated with boron minerals," *Journal of Forestry Research*, 28(1), pp. 195-203, 2017.
- [59] Özdemir vd., "Jeolojik araştırmalar mineraller yılı," ABD, 2013.
- [60] T. Koumbi-Mounanga, P.I. Morris, M.J. Lee, N.N. Saadat, B. Leblon and P.A. Cooper, "Prediction and evaluation of borate distribution in Eastern black spruce (*Picea mariana* var. *mariana*) wood products", *Wood Science and Technology*, 49, pp. 457-473, 2015.
- [61] E. Terzi, S.N. Kartal, S. Pişkin, N. Stark, A.K. Figen and R.H. White, "Colemanite: A Fire Retardant Candidate for Wood Plastic Composites," *Bioresources* 13(1), pp. 1491-1509, 2018.
- [62] E. Terzi, S.N. Kartal, S. Pişkin and R.H. White, "Evaluation of raw boron minerals in wood plastic composites as fire retardants," 8th International Wood & Fire Safety Conference, pp. 8-12 May 2016.
- [63] Preschem, "Timber Production," <https://preschem.com/products/timber-protection/no-rot-gel-industrial/>, 10.09.2018.
- [64] Perma Chink Systems, Borate Rods, <https://www.permaachink.com/preservatives/cobra-rods>, 08.09.2018.
- [65] Asit gen tr, Nitrik Asit, <https://www.asit.gen.tr/nitrik-asit.html>, 11.06.2018.
- [66] MBK Makina, Tek Vidalı Ekstrüder, <http://www.mbkmakina.com.tr/urun-detay.php?id=25&catid=9>, 10.06.2018.
- [67] D. Smith, A.I. Williams, "Wood preservation by the boron diffusion process—The effect of moisture content on diffusion time," *J. of the Inst. of Wood Sci.*, 4(6), pp. 3–10, 1967.
- [68] J.F. Siau, *Wood: influence of moisture on physical properties*. Virginia Polytechnic and State University, Blacksburg, 1995.
- [69] M.G. Dietz, E.L. Schmidt, "Borate rods as an on-site remedial treatment for control of decay in wood decks," *Journal of the Minnesota Academy of Science*, 53(2), pp. 22-26, 1987.
- [70] P.F. Schneider, "Performance of boron and fluoride based rods as remedial treatment of Douglas-fir poles", Doc. No. IRG/WP/95-30070. Inter. Res Group on Wood Preservation. Stockholm, Sweden, 1995.

- [71] J.N.R. Ruddick, A.W. Kundzewicz, "The effectiveness of fused borate rods in preventing or eliminating decay in ponderosa pine and Douglas-fir", *Forest Prod. J.*, 42(9), pp. 42-46, 1992.
- [72] J.J. Morrell, C.M. Sexton, A.F. Preston, "Effect of moisture content of Douglas-fir heartwood on longitudinal diffusion of boron from fused borate rods". *Forest Products Journal*, 40(4), s.37-40, 1990.
- [73] C.M. Freitag, R. Rhatigan, J. J. Morrell, "Effect of glycol additives on diffusion of boron through Douglas-fir," Doc. No. IRG/ WP/30235. International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden, 2000.
- [74] J. Bech-Anderson, "Practical experiments with Boracol 10 Rh used as a fungicide in the repair process after attack by the dry rot fungus (*Serpula lacrymans*)," Doc. No. IRG/WP/3458. Inter. Res. Group on Wood Preservation. Stockholm, Sweden, 1987.
- [75] C.M. Freitag, "Effect of wood moisture content on diffusion of boron-based biocides through Douglas-fir and western hemlock lumber", *Forest Prod. J.*, 45(3), s. 51-55, 1995.
- [76] Y. Cabrera, J. J. Morrell, "Effect of wood moisture content and rod dosage on boron or fluoride movement through Douglas-fir heartwood," *Forest Products Journal*, 59(4), s. 93-96, 2009.
- [77] C.M. Freitag, J.J. Morrell, "Effect of glycol on movement of borate from fused borate rods," *Forest Products Journal*, 52(6), s. 68-74, 2002.
- [78] R. Melo, J. Cespedes, C. Zaror, "Diffusion of boron salts in heartwood specimens of Chilean-grown *Eucalyptus globulus*," *Wood Protection*, 2(1), s. 9-14, 1992.
- [79] Y. Örs, M. Atar ve H. Peker, "Bazı emprenye maddelerinin sarıçam ve doğu kayını odunlarının yoğunluklarına etkileri," *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi*, s. 1169-1179, 1999.
- [80] B.Z. Uysal, *Kütle Transferi Esasları ve Uygulamaları*, 2003, Ankara.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: melekcordan@gmail.com

Bildiri

1. Melek ÇORDAN, Doç. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN, Doç. Dr. Evren TERZİ, Prof. Dr. S. Nami KARTAL / Kolemanit Esaslı Bor Çubuklarının Ahşap Yapı Elemanlarında Kullanımının İncelenmesi / 9. Ulusal Analitik Kimya Kongresi/ 2018/ Konya- Türkiye

Proje

1. TÜBİTAK 1005 "*Ulusal Yeni Fikirler Ve Ürünler Araştırma Destek Programı*" kapsamında 2016 yılı 1. döneminde TÜBİTAK tarafından desteklenmesi uygun görülen 116O149 numaralı ve "*Yeni Nesil Bor Çubukları: Bor Minerallerinden Hazırlanacak Bor Çubuklarının Odun İçerisinde Difüzyon Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi*" adlı proje tarafından desteklenmiştir.

2. Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK)'nın FLY-2017-2109 numaralı projesi tarafından desteklenmiştir.