



T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BAZI TANENLER VE BORLU BİLEŞİKLER İLE EMPRENYE EDİLEN  
DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis L.*) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hakan ADANUR**

**TEMMUZ 2015  
GÜMÜŞHANE**

**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMANCILIK VE ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**BAZI TANENLER VE BORLU BİLEŞİKLER İLE EMPRENYE EDİLEN  
DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis L.*) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hakan ADANUR**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
"Ormanlık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı"  
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.06.2015**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 03.07.2015**

**TEMMUZ 2015**



## KABUL ve ONAY



Yrd. Doç. Dr. Muhammed Said FİDAN danışmanlığında **Hakan ADANUR** tarafından hazırlanan " **BAZI TANENLER VE BORLU BİLEŞİKLER İLE EMPRENYE EDİLEN DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis L.*) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ** " isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Ormanlık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'** nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan (Danışman)

: 

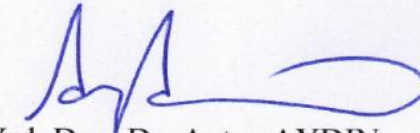
Yrd. Doç. Dr. M. Said FİDAN

Üye

: 

Doç. Dr. Selim ŞEN

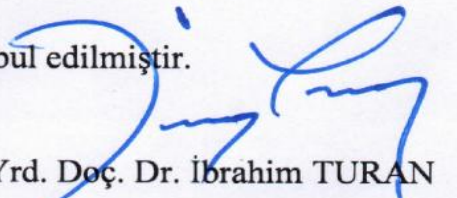
Üye

: 

Yrd. Doç. Dr. Aytaç AYDIN

ONAY

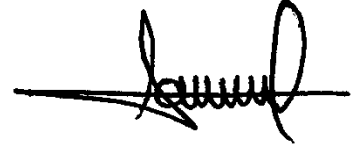
Bu tez ...../...../2015 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ormancılık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum “ **Bazı Tanenler ve Borlu Bileşikler İle Emprenye Edilen Doğu Kayını (*Fagus Orientalis L.*) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi** ” isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

03/07/2015



**Hakan ADANUR**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# BAZI TANENLER VE BORLU BİLEŞİKLER İLE EMPRENYE EDİLEN DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis L.*) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hakan ADANUR

Gümüşhane Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ormancılık ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Muhammed Said FİDAN

2015, 78 sayfa

Son yıllarda orman ürünleri sanayisinde önemli bir yer işgal eden ahşap malzemelerin korunmasında kullanılan kimyasal emprenye maddelerinin yerine alternatif doğal emprenye maddeleri aranmaktadır.

Bu çalışmada, Ülkemizde hammadde olarak bol bulunan borlu bileşikler (boraks ve borik asit) ile doğal emprenye maddelerinden bazı tanenler (tara ve kebrako) beraber kullanılmıştır. Emprenye çözeltisi bir borlu bileşik ve bir tanen karıştırılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler ile doğu kayını örneklerine 12 ayrı emprenye işlemi yapılmıştır. Emprenye işleminde borlu bileşiklerin % 1, % 3 ve % 5'lik, tanenlerin ise % 5 sulu çözeltileri kullanılmıştır. Böylece çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen, daha

ekonomik, daha fazla koruyucu etkiye sahip yeni emprenye maddelerin kullanılmasının artırılması amaçlanmıştır.

Deney örneklerinin emprenyesi ASTM D 1413-76 esaslarına göre yapılmıştır. Her bir emprenye işleminde hazırlanan 10 adet örnek önce emprenye düzeneğinde 30 dakika ön vakum, daha sonra 30 dakika basınç altında emprenye işlemine tabi tutulmuştur. Emprenye sonrası örnekler bir hafta kondisyonlama için bekletildikten sonra bazı fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Emprenyeli örneklerin testleri yapılarak kontrol örnekleri ile kıyaslanmıştır. Tam kuru yoğunluk (TS 2472), retensiyon miktarı (ASTM D 1413-07), eğilme direnci (TS 2474), elastikiyet modülü (TS 2478), liflere paralel basınç direnci (TS 2595), liflere paralel yapışma direnci (TS EN 205) ve vida tutma direnci (TS EN 13446) standartlarına göre yapılmıştır.

Sonuç olarak, yapılan testler sonucunda retensiyon, tam kuru yoğunluk, liflere paralel basınç ve vida tutma dirençleri kontrol örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. Eğilme direnci, elastikiyet modülü ve liflere paralel yapışma dirençlerinde ise kontrol örneklerinden daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. Emprenye sonrası deney örneklerinde borlu bileşiklerin konsantrasyonları arttıkça mekanik özelliklerde düşüş, fiziksel özelliklerde ise artış görülmektedir. Borlu bileşiklerden boraks ile emprenye edilen örneklerde değerler borik asit ile emprenye edilenlerden daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuca göre boraks emprenye işleminde tavsiye edilebilir. Ayrıca ağaç malzemenin mekanik dirençlere maruz kalacağı yerlerde düşük konsantrasyonlu çözeltiler ile emprenye edilmesi, fiziksel etkilere maruz kalacağı yerlerde ise yüksek konsantrasyonlu çözeltiler ile emprenye edilmesi tavsiye edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Borlu bileşikler, Doğal emprenye maddesi, Doğu kayını, Emprenye

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES  
IMPREGNATING WITH SOME TANNINS AND BORON COMPOUNDS OF EAST  
BEECH (*Fagus orientalis* L.) WOOD**

Hakan ADANUR

Gümüşhane University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forestry and Environmental Sciences

Supervisor: Assist Prof. Dr. Muhammed Said FIDAN

2015, 78 Pages

Protection of woods which is an importance place in the forest product industry has been used new natural alternative wood preventative instead of chemical substances in last decade.

In this study, abundant in our country experimental samples prepared by include in pipe borax and boric aside, and kebrako and tara using natural preventatives were impregnated selected trees. The wood species used was prepared borax or boric aside solution joined with kebrako or tara solution. 12 separate impregnation was carried out with the prepared solution. The boron compounds were used by 1%, 3% and 5% aqueous solutions. Thus, the new preservative materials produced environmental or human no harmful to health, economic, giving a more protective effect.

Impregnation of test specimens was according to ASTM D 1413-76 basis. 10 samples were prepared in each impregnation was subjected to the impregnation process that was 30 minutes pre-vacuum after 30 minutes pressure. After impregnation examples, some physical and mechanical properties were investigated after waiting a week for conditioning. After impregnation results were compared with control samples. Tests was conducted according to standards which was oven dry density (TS 2472), retention rate (ASTM D 1413-07), bending strength (TS 2474), elastic modulus (TS 2478), compression strength parallel to the fibers (TS 2595), the fibers are parallel bonding strength (TS EN 205) and screw holding strength (TS EN 13446).

Examples of the results of the test compound that is a retention, full dry density, pressure and screw holding parallel fibers resistance was higher than the control samples. Bending strength, modulus of elasticity and bonding strength of the fibers parallel has been found to be lower than the control sample. The concentrations of boron compounds in the test sample after impregnation is observed by decreases the mechanical properties and increase in physical properties. In the examples of the boron compound is impregnated with borax values it was higher than those impregnated with boric acid. These results may be recommended by the borax preservative treatment. Finally, the trees has been used a low concentration solutions where it could be subjected to mechanical resistance of the material, and it could be used highly concentrated solutions has been exposed to physical impact.

**Keywords:** Boron compounds, Natural impregnates, Beech, Impregnation



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmaların planlanması ve yürütülmesinde bilimsel desteğini esirgemeyen, çalışmanın her aşamasında bilgi, tecrübe ve yardımlarından faydalandığım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Muhammed Said FİDAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasına görüş ve önerileri ile katkı sağlayan ve değerli zamanlarını ayıran sayın hocalarım Doç. Dr. Selim ŞEN ve Yrd. Doç. Dr. Aytaç AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmama desteklerinden dolayı kıymetli arkadaşlarım sayın Doç. Dr. Günay ÇAKIR, Öğr. Gör. Osman KOMUT, Öğr. Gör. Mehmet YAŞAR, Öğr. Gör. Mehmet ÖZ'e ve deney örneklerin hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı üniversitemiz mobilya dekorasyon atölyesi personeline teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bana her zaman destek olan emeklerini asla ödeyemeyeceğim aileme ve eşim sayın Ayşe Betül ADANUR'a teşekkür ederim.

Hakan ADANUR  
Gümüşhane, 2015

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VI
TEŞEKKÜR.....	VIII
İÇİNDEKİLER .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ .....	XIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kullanılan Materyallerin Tanıtımı .....	6
1.2.1. Ahşap Malzeme.....	6
1.2.1.1. Doğu Kayını ( <i>Fagus orientalis L.</i> ).....	7
1.2.2. Borlu Bileşikler .....	7
1.2.2.1. Boraks .....	10
1.2.2.2. Borik Asit .....	11
1.2.3. Doğal Emprenye Maddeleri .....	12
1.2.3.1. Kebrako (Quebracho).....	12
1.2.3.2. Tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> ) .....	13
1.3. Önceki Çalışmalar (Literatür Özeti).....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	23
2.1. Materyal.....	23
2.2. Metot.....	24
2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	24
2.2.2. Emprenye İşlemi.....	26
2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi.....	29
2.2.3.1. Retensiyon Miktarı.....	29
2.2.3.2. Tam Kuru Yoğunluğun Belirlenmesi.....	30
2.2.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi.....	31
2.2.4.1. Eğilme Direncinin Belirlenmesi.....	32
2.2.4.2. Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi.....	33

2.2.4.3.	Liflere Paralel Basınç Direnci.....	35
2.2.4.4.	Vida Tutma Direnci.....	36
2.2.4.5.	Liflere Paralel Yapışma Direnci.....	37
2.2.5.	İstatistiksel Analizler.....	38
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA .....	39
3.1.	Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi.....	39
3.1.1.	Retensiyon Miktarı.....	39
3.1.2.	Tam Kuru Yoğunluk .....	42
3.2.	Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular.....	46
3.2.1.	Eğilme Direnci .....	46
3.2.2.	Elastikiyet Modülü .....	50
3.2.3.	Liflere Paralel Basınç Direnci .....	54
3.2.4.	Vida Tutma Direnci.....	57
3.2.5.	Liflere Paralel Yönde Yapışma Direnci .....	61
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	66
5.	KAYNAKLAR .....	70
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	Kebrako odunu ve ekstresi..... 15
Şekil 1.2	Tara bitkisinin tohumları ve meyveleri..... 15
Şekil 1.3	Tara ekstresi.....16
Şekil 2.1	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesindeki iş akışı..... 26
Şekil 2.2	Deney örneklerinin emprenye sonrası görüntüsü..... 28
Şekil 2.3	Emprenye işlemlerinde kullanılan emprenye düzeneği..... 29
Şekil 2.4	Deney örneklerinin kurutulmasında kullanılan desikatör ve etüv..... 30
Şekil 2.5	Tam kuru yoğunluğun belirlenmesinde kullanılan deney numunesi..... 32
Şekil 2.6	Eğilme direnci deneyinde deney numunesinin yerleştirilmesi.....34
Şekil 2.7	Elastikiyet modülünün belirlenmesinde kullanılan deney numunesi..... 35
Şekil 2.8	Testlerde kullanılan üniversal test cihazı..... 36
Şekil 2.9	Liflere paralel basınç direnci belirlenmesinde kullanılan deney numunesi.....37
Şekil 2.10	Vida tutma direncinin belirlenmesinde kullanılan deney numunesi..... 38
Şekil 2.11	Vida tutma deneyinden sonra örneklerin görüntüsü..... 38
Şekil 2.12	Liflere paralel yapışma deneyi.....39
Şekil 2.13	Liflere paralel yapışma direncinin belirlenmesinde kullanılan deney numunesi.....40
Şekil 3.1	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun retensiyon miktarı ortalama değerleri ( $\text{kg/m}^3$ ).....44
Şekil 3.2	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun tam kuru yoğunluk ortalama değerleri ( $\text{g/cm}^3$ ).....48

Şekil 3.3	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun eğilme direnci ortalama değerleri( $N/mm^2$ ).....	52
Şekil 3.4	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun ortalama elastikiyet modülü değerleri (MPa).....	55
Şekil 3.5	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun liflere paralel ortalama basınç dirençleri ( $N/mm^2$ ).....	59
Şekil 3.6	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun vida tutma ortalama direnç değerleri ( $N/mm^2$ ).....	63
Şekil 3.7	Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun yapışma direnci ortalama değerleri ( $N/mm^2$ ).....	67

## TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1	Doğu kayını odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri..... 9
Tablo 1.2	Boraksın bazı kimyasal özellikleri..... 12
Tablo 2.1	Yapılan emprenye işlemlerinin açıklaması..... 28
Tablo 2.2	Yapılan emprenye sayısı..... 29
Tablo 2.3	Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numunelerinin boyutları ve standartları..... 30
Tablo 2.4	Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune sayıları..... 31
Tablo 2.5	Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan deney numunelerinin boyutları ve standartları..... 33
Tablo 2.6	Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan test numune sayıları..... 33
Tablo 3.1	Doğu kayını odununun retensiyon miktarının belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi..... 41
Tablo 3.2	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin retensiyon miktarı değişim oranına ait LSD testi sonuçları ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )..... 42
Tablo 3.3	Doğu kayını odunun ortalama retensiyon değerleri ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )..... 43
Tablo 3.4	Doğu kayını odunun ortalama tam kuru yoğunluk miktarlarına ilişkin çoklu varyans analizi..... 45
Tablo 3.5	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin tam kuru yoğunluk değişim oranına ait LSD testi sonuçları ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )..... 46
Tablo 3.6	Doğu kayını odunun ortalama tam kuru yoğunluk değerleri ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )..... 47
Tablo 3.7	Doğu kayını odununun ortalama eğilme direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi..... 49

Tablo 3.8	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin eğilme direnci değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).....	50
Tablo 3.9	Doğu kayını odunun ortalama liflere dik eğilme direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	51
Tablo 3.10	Doğu kayını odununun ortalama elastikiyet modülünün belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi.....	53
Tablo 3.11	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin elastikiyet modülünün değişim oranına ait LSD testi sonuçları (MPa).....	54
Tablo 3.12	Doğu kayını odunun ortalama elastikiyet modülü değerleri (MPa).....	54
Tablo 3.13	Doğu kayını odununun ortalama liflere paralel basınç direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi.....	56
Tablo 3.14	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin liflere paralel basınç direncinin değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).....	57
Tablo 3.15	Doğu kayını odunun ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	58
Tablo 3.16	Doğu kayını odununun ortalama vida tutma direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi.....	60
Tablo 3.17	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin vida tutma direncinin değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).....	61
Tablo 3.18	Doğu kayını odunun ortalama vida tutma değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	62
Tablo 3.19	Doğu kayını odununun ortalama yapışma direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi.....	64
Tablo 3.20	Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin liflere paralel yapışma direncinin değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ).....	65
Tablo 3.21	Doğu kayını odunun ortalama yapışma direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	66
Tablo 4.1	Emprenye maliyetlerinin karşılaştırılması.....	71

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

a	:	Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)
A	:	Yapışma alanı (mm <sup>2</sup> )
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
a x b	:	Deney parçasının en kesitsel boyutları (mm <sup>2</sup> )
b	:	Yapışma yüzeyinin genişliği (mm)
b	:	Deney numunesinin eni (yıllık halkalara dik yönde, cm)
b	:	Deney parçasının en kesit genişliği (mm)
B	:	Boraks
BA	:	Borikasıit
C	:	Çözelti konsantrasyonu (%)
CCA	:	Bakır krom arsenik
D <sub>0</sub>	:	Tam kuru rutubetteki yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
F	:	Kopma anındaki kuvveti (N)
Δf	:	Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehim sonuçlarının aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)
ΔF	:	Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)
h	:	Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)
h	:	Deney numunesinin kalınlığı (yıllık halkalara teğet yönde, cm)
I	:	Dayanak noktaları arasındaki mesafe (cm)
L	:	Dayanak noktaları arasındaki mesafe (mm)
LSD	:	En küçük önemli fark
M <sub>0</sub>	:	Tam kuru rutubetteki örnek ağırlığı (g)
Mpa	:	Mega pascal
P <sub>max</sub>	:	Kırılma anında uygulanan yük (N)
PVAc	:	Polivinil asetat tutkalı
R	:	Retensiyon (kg/m <sup>3</sup> )
T <sub>1</sub>	:	Emprenye öncesi deney örneğinin ağırlığı (g)
T <sub>2</sub>	:	Emprenye sonrası deney örneğinin ağırlığı (g)
TS	:	Türk Standardı (Türk Standartları Enstitüsü)
V <sub>0</sub>	:	Tam kuru rutubetteki örnek hacmi (cm <sup>3</sup> )
V	:	Örnek hacmi (cm <sup>3</sup> )
W	:	Rutubet Miktarı
α	:	Rutubet miktarı için düzeltme faktörü
σ <sub>w</sub>	:	Liflere paralel basınç direnci (N/mm <sup>2</sup> )
σ <sub>Y</sub>	:	Yapışma direnci (N/mm <sup>2</sup> )
X <sub>max</sub>	:	En büyük değer
X <sub>ort</sub>	:	Ortalama
X <sub>min</sub>	:	En küçük değer



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Çok çeşitli alanlarda kullanılan ağaç malzeme çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir tek doğal hammaddedir. Ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi çok çeşitli ürünler halinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Bozkurt ve Göker, 1987).

İnsanlığın var oluşundan bu yana ağaç malzeme kullanımı devam etmektedir. Organik bir canlı olan ağaç malzeme birçok alanda kullanılmakta ve gün geçtikçe daha fazla alanda kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin bu kadar fazla kullanılmasının nedenlerinden bazıları; hafifliğine karşın direncinin yüksek olması, kolay işlenebilir olması, vida ve çivi tutma özelliklerinin bulunması gibi unsurlardır (Aslan, 1998).

Dünyada bilinen en eski yerleşim yeri, mezolitik çağlarda (M.Ö. 8000-7000) kurulan Filistin'deki Jericho'dur. Ancak, yapılan kazı çalışmalarında o dönemlerin özelliklerini yansıtan çok az sayıda ev eşyası ve çanak-çömlek bulunduğu için, tarih öncesi çağların bu yerleşimcileri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bilinen en eski ikinci yerleşim yeri ise; Neolitik çağlarda (M.Ö. 6500-5700) kurulan Türkiye'de, Konya ilinin Çumra ilçesindeki Çatalhöyük'tür. Bu yerleşim yerinde ise, o dönemin özelliklerini anlatan çok sayıda buluntulara rastlanmıştır. Bunlar arasında çamurdan ve odundan yapılan kaplar ve tekstil ürünlerinin parçaları bulunmaktadır. Ayrıca höyükteki evlerin damlarının oluşturulmasında da odundan faydalanılmıştır (Crochet, 2004).

Odunun farklı şekillerdeki kullanımı ise daha sonraki yıllarda olmuştur. Özellikle kaplama ve bugünkü anlamıyla mobilyanın ilk kullanımı Eski Mısır'da firavunlar döneminde olmuştur. Muhtemelen ilk kaplama M.Ö. 3000 yıllarında üretilmiştir. Bunlar değerli ağaçlardan elde edilmiş ufak parçalar olup, kral ve prens mobilyalarında kullanılmıştır. Kaplamalar elle hazırlanmış olup yüzeyleri el aletleriyle düzeltilmiştir (Bozkurt ve Göker, 1986).

İnsanoğlu ağaç malzemelerin kullanım yerinde korunmasının gerekli olduğunu yüzyıllar önce kabul ederek, bu amaçla çeşitli önlemler almaya başlamıştır. Arkeolojik kazılarda ve batık gemilerin iskeletlerinde yapılan incelemeler göstermiştir ki; ağaç

malzemenin kısmen kömürleştirilmesi 4000 yıl önce ağaç malzemeyi korumak için alınan ilk önlemlerden biridir. Efes'teki "Diana Mabedi"nin yakılarak kömürleştirilen ağaç direkler üzerine yerleştirilmesi bu duruma örnek gösterilebilir. Mısır, Yunan, Roma ve Çin gibi büyük medeniyetlerde ağaç malzemeyi koruyup daha uzun süre kullanımını sağlamak için hayvansal, bitkisel ve mineral yağların kullanıldığı belirlenmiştir. Roma Medeniyetlerinde özellikle sedir yağı ve zeytinyağının; Burma Medeniyetinde ise gemi ve binalarda petrol yağının bu amaçla kullanıldığı tespit edilmiştir. Mısırlılar farklı bir önlem olarak ağaç malzemeleri kuru tutarak tahrip olmasını engellemeyi başarmışlardır. Yunanlıların yaklaşık M.Ö. 500 yıllarında yaptıkları binalarda kullandıkları ağaç malzemelerin içlerine küçük delikler açarak yağ akıttarak, yağın ağaca derin bir şekilde nüfuzunu sağladıktan sonra, taş materyal üzerine yerleştirip ve kuru olarak muhafaza ederek ahşap malzemeyi korudukları belirtilmektedir. Ahşap malzemelerde yapıştırıcı maddeler eski mısır dönemlerinden beri kullanılmaktadır (Huş, 1977).

Ağaç malzemenin diğer yapı malzemelerine göre bazı üstün özellikleri şunlardır; çok çeşitli alanlarda kullanılabilen odun, yenilenebilir hammaddeye sahip tek organik doğal hammaddedir. Anatomik yapısı, mekanik ve fiziksel özellikleri ile kimyasal bileşimi odunun çok farklı ürünler halinde kullanımına olanak sağlamaktadır (Hafizoğlu vd., 1994; Baysal, 1994).

Ağaç malzeme çok eski tarihlerden itibaren kullanılan yapı malzemelerindedir. Diğer yapı malzemelerine kıyasla kullanılmış olduğu yerlerde göre bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Tarih boyunca insanların hayatlarında vazgeçilmez bir hammadde kaynağı olan ağaç malzemenin; orman varlığının son yıllarda giderek azalması sebebi ile daha verimli işlenmesi ve işlenen odunun daha uzun süre kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Ahşap malzeme, çelik ve demir gibi diğer yapı malzemeleri ile kıyaslandığında, yoğunluğunun düşük olmasına rağmen; kolay taşınabilmesi, hafif bir malzeme olmasına karşın çeşitli yüklemelere karşı dayanımının yüksek olması, kolay işlenebilmesi, işlenme sırasında enerji tüketiminin düşük olması, değişik desen ve renge sahip olması, sesi, ısıyı ve elektriği az iletmesi, kimyasal maddelerden çok fazla etkilenmemesi, renklendirme, vernikleme gibi üst yüzey işlemleri uygulanarak daha çekici hale getirilebilmesi ve eskidikçe koyu renk alarak daha güzel görünüm kazanması gibi nedenlerle ağaç malzeme, başta doğrama endüstrisi olmak üzere mobilya ve dekorasyonda çok tercih edilen bir materyal olarak karşımıza çıkmaktadır (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemenin yukarıda belirtilen olumlu özelliklerinin yanı sıra bazı sakıncalı özellikleri de mevcuttur. Organik malzeme olmasından dolayı yanabilme özelliği, böcekler tarafından tahrip edilebilmesi, mantarlar tarafından çürütülebilmesi, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen denge rutubetine göre boyutlarını değiştirebilmesi ve güneş ışınlarının etkisiyle renginin solması ağaç malzemenin sakıncalı özellikleri olarak kabul edilmektedir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzeme yanabilir ve çürüyebilme özelliğine sahiptir. Ayrıca, higroskopik olması nedeniyle kullanıldığı ortamın sıcaklık ve bağıl nemine göre ulaşacağı denge rutubetinden farklı rutubete sahip olması halinde, denge rutubetine ulaşmaya kadar ortam ile rutubet alış-verişi sonucu boyutlarında değişimler olması gibi dezavantajları da vardır. Bunun yanında, organik bir madde olması nedeniyle böcek ve mantarlar tarafından da tahrip edilebilmektedir (Budakçı, 2003).

Her ne kadar, ağaç malzeme sahip olduğu anatomik ve kimyasal yapısı nedeni ile bazı dış etkilere karşı yeterli dayanıklılığı ve direnci gösterecek doğal dayanıklılığa sahip olsa da, dış hava etkilerine uzun süre dayanamaz. Bu nedenle ağaç malzeme, çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmekte, kullanım yerine uygun çeşitli koruyucu ve katman yapıcı maddelerle üst yüzey işlemleri yapılmakta veya kimyasal olmayan konstrüktif önlemlerle (doğal, biyolojik ve alternatif odun koruması) korunabilmektedir (Kurtoğlu, 1984).

Ağaç malzemenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlere karşı daha dayanıklı hale gelerek kullanım ömrünü artırmak için, kullanılış amacına göre kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemleri gibi bazı işlemler yapılmaktadır. Ağaç malzemedeki en çok uygulanan koruma yöntemi, malzemenin kullanım yerine göre uygun bir kimyasal ile uygun yöntem ile muamele edilmesidir (Şen, 2001).

Ağaç malzeme sahip olduğu birçok üstün özellikleri nedeniyle günümüzde birçok kullanım yerinde hala önemini korumaktadır. Ağaç malzeme çevre koşullarına (su, güneş ışınları, yağmur, kar) bağlı olarak eskimekte, bileşikleri kimyasal veya biyolojik etkenlerle bozulmaktadır. Birçok kullanım yerinde mantarlar tarafından çürütülmekte, böceklerin zararlı etkileri nedeniyle dayanma ömrü kısalmaktadır. Bu olumsuz durumları ortadan kaldırmak ve çok kıymetli bir materyal olan ahşap malzemenin dayanma süresini uzatmak için, çeşitli kimyasal maddeler ve metotlarla emprenye işlemi yapılmaktadır (Bozkurt, Göker ve Erdin, 1993).

Ağaç malzeme, kullanım yerine göre koruyucu kimyasal maddeler ile muamele edilmeden kullanıldığı takdirde, böcek, mantar, rutubet, yangın vb. etkilerle zarar görmektedir. Bunun bir sonucu olarak ekonomik ömrünü doldurmadan onarım, değiştirme ve bakım masrafları gerektirmektedir (Richardson, 1987).

Biyolojik zararlıların oduna zarar vermesini önlemek amacıyla, borlu bileşiklerle empenye edilmesinin kullanım ömrünü uzatacağı deneylerle saptanmıştır (Winandy, 1990).

Günümüzde ağaç malzemenin çok fazla kullanım alanı vardır. Bu kullanım alanlarına mobilya ve dekorasyon işleri, bina yapımı, parke yapımı, müzik aleti, tel direği, demir yolu travesi, kaplama levha, kontrplak, yonga levha, lif levha, kâğıt ve karton üretimi örnek gösterilebilir. Ağaç malzemenin bu kadar çok kullanım alanı olmasının nedeni anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşenlerinden kaynaklanmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Ağaç malzemenin böcek ve mantar etkisiyle bozulması, rutubete bağlı olarak şekil değiştirmesi, yanıcılık ve deforme olma gibi sakıncaları vardır. Bu özellikler kullanım ömrünü sınırlar. Bu sebeple, ağaç malzemenin koruyucu kimyasal maddeler ile empenye edilerek, oldukça uzun süre kullanılabilmesi sağlanmaktadır (Yalınkılıç, 1992).

Ahşap malzemenin; organik yapısından dolayı mantar ve böcekler tarafından tahrip edilmesi, higroskopik özelliğinden dolayı atmosferdeki rutubete ve sıcaklığa bağlı olarak boyutlarını değiştirmesi ve yanabilen bir madde olması nedeniyle bazı dezavantajları vardır. Ahşap malzemenin daha uzun ömürlü olması istenildiğinde bu durum, çoğu zaman koruyucu maddelerle kaplanarak veya empenye edilerek sağlanır (Uysal, 2005).

Emprenye, anizotrop bir malzeme olan ağaç malzemenin, çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması amacıyla çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan işlemdir. Emprenye işlemini etkileyen faktörler, ağaç malzeme özellikleri, empenye yöntemi, sıvıların akış yolları, geçit aspirasyonu vb.dir (Bozkurt ve Göker, 1993).

Emprenye işleminin uygulanabilmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Ahşap malzemeye uygulanan empenye yöntemleri; basınçlı yöntemler ve basınç içermeyen yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Basınçlı yöntemler bazı ekipmanlar ile hazırlanan düzenekler yardımı ile uygulanır. Basınç içermeyen yöntemler ise daldırma ve fırça ile sürme gibi basit yöntemlerdir. Basınç içeren empenye yöntemleri Boş Hücre ve Dolu Hücre Metodları olarak ikiye ayrılır. Basınç içeren empenye yöntemleri en etkili ve

ekonomik emprenye yöntemleridir. Bu yöntemlerde uygulanan vakum ve basınç ile emprenye maddesinin ahşaba, istenen miktarda nüfuzu sağlanmaktadır. Emprenyeden önce ahşabın nem oranı % 20 ile % 30 aralığında olmalıdır. Emprenyeden sonra ahşap malzeme bir hafta bekletildikten sonra kullanılmalıdır. Bu süre içerisinde emprenye maddesinin ahşabın liflerine tutunması (fiksasyonu) sağlanmaktadır. Basınç uygulanan yöntemlerde ana amaç ağaç malzeme içerisine mümkün olduğunca çok miktarda emprenye maddesinin nüfuz ettirilmesidir. Emprenye kazanının içerisine doldurulan ağaç malzemeye önce vakum uygulanarak hücre boşluklarında ve çeperlerinde bulunan hava bir ön vakum (alçak basınç) ile dışarıya alınmaktadır. Sonra emprenye maddesi ahşap malzeme dolu silindire sevk edilir. Daha sonra ise silindire basınç uygulanmak suretiyle emprenye maddesinin ağaç malzemenin tüm boşluklarına nüfuz etmesi sağlanmaktadır (Hafizoğlu, 1984).

Basınç uygulayan metotlar ağaç malzemenin emprenyesinde en önemli ve başarılı endüstriyel metotlardır. Basınç uygulayan metotlar içerisinde dolu ve boş hücre metotları en fazla kullanılan metodlardır. Bu metodları uygulayan tesislerde ağaç malzeme çelik bir kazan içerisine yerleştirilmekte ve emprenye maddesi yaklaşık  $10 \text{ kg/cm}^2$ 'lik bir basınçla 1-6 saat süre odun hücreleri içerisine sevk edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1993).

Emprenye işleminin başarısı ve koruma derecesi, emprenye maddesi ve oduna ait özelliklerinin yanı sıra odunda tutundurulan net kuru emprenye maddesi miktarı (retensiyon) ve emprenye maddesinin oduna geçme derinliği gibi özelliklere bağlıdır (Baysal ve ark., 2003).

Emprenye işlemi ile ağaç malzeme mikroorganizmalara karşı dayanıklı hale getirilmektedir. Doğal şartlar altında açık havada kullanılan ağaç malzeme korumasız olarak 4-6 yıl kullanılabilir. Emprenye işlemi, ağaç malzemenin kullanım ömrünü 10-15 yıl kadar uzatabilmektedir (Kılıç, 1998). Bu sürenin belirlenmesinde ahşap malzemenin özellikleri yanında emprenye işleminde kullanılan kimyasallar da önemlidir. Kullanılan her kimyasalın farklı özellikleri ve etki alanları vardır. Bu nedenle ağaç malzemenin kullanılacağı yerde karşılaşacağı etkiler göz önüne alınarak duruma en uygun emprenye maddesi seçilmektedir. Emprenye işleminde kullanılan kimyasallar kadar, emprenye maddesinin ağaç malzemeye nüfuz etme derinliği de önemlidir. Emprenye maddesinin nüfuz derinliğine göre ağaç malzemenin kullanım ömrü değişmektedir. Ağaç malzemenin böcek ve mantar etkisiyle bozulması, rutubete bağlı olarak şekil değiştirmesi, yanıcılık ve deforme olma gibi sakıncaları vardır. Bu özellikler kullanım ömrünü sınırlar. Bu sebeple, ağaç malzemenin koruyucu kimyasal maddeler ile emprenye edilerek, oldukça

uzun süre kullanılabilceği önerilmektedir (Yalınkılıç, 1995).

## **1.2. Kullanılan Materyallerin Tanıtımı**

### **1.2.1. Ahşap Malzeme**

Ahşap malzemeyi oluşturan ana kimyasal maddeler selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Ahşap malzeme, bu ana bileşenlerinin yanında kimyasal özelliklerini etkileyen; reçineler, albumin, eterik yağlar, kül bileşikleri, tanenler, bazı boyar maddeler ve mum gibi ekstraktif maddelerden oluşmaktadır. Ahşap malzemeyi oluşturan ana kimyasallardan selüloz; hücre duvarının ana maddesidir ve % 50-60 oranında bulunur. Ahşap malzemenin fiziksel özelliklerinden olan eğilme ve çekmeye karşı direnç veren madde selülozdur. Hemiselüloz ise; Pentoz ve hektoz şekerlerinin kısa polimeridir ve % 15-25 oranında bulunur. Hemiselüloz su emici bir maddedir ve hücrede depolama görevini yapar, hücre duvarını kuvvetlendirir ve geçit zarlarını ayarlar. Lignin ise, selüloz fibrilleri içinde % 14-23 oranında bulunur. Gevrek bir madde olup ağacın dik durmasını ve ahşap malzemenin basınca karşı mukavemetini sağlar. İğne yapraklı ağaçların odunlarında yapraklı ağaçlara göre daha yüksek oranda lignin bulunmaktadır. Lignin kahverengimsi beyaz renkte ve az oranda su emici bir maddedir (Asarcıklı, 2005).

#### **1.2.1.1. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)**

*Fagaceae* familyası türlerinden olup, ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Kayın odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmekte, 0.5-0.1 mm aralıkla uzanmakta ve kalın öz ışınları yıllık halka sınırında genişlemektedir. Radyal yüzeylerde koyu renkli geniş aynacıklar, teğet kesitte kırmızımsı iğ şeklinde lekeler halindedir, odunu sert ve ağırdır (Bozkurt ve Göker, 2000).

Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), 1.621.257 hektar normal kapalı, 340.403 hektar boşluklu kapalı olmak üzere toplam 1.961.660 hektar yayılış alanına sahiptir. Ayrıca doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), ülkemizde toplam ağaç serveti bakımından kızılçam, meşe ve karaçamdan sonra dördüncü sırada yer alan önemli bir asli ağaç türüdür (URL-1, 2015). Doğu kayını ülkemizde yaklaşık 1.7 milyon hektar gibi geniş bir yayılış alanına sahiptir.

Türkiye bu yayılış alanı ile dünyada doğu kayını yayılış alanları sıralamasında dördüncü sırada yer almaktadır.

Sanayide doğu kayınının odunu oldukça önemli olup, mobilya, kontraplak ve kontratabla, kesme ve soyma kaplama levhalarında, lif levha, yonga levha, ahşap oyuncak, mutfak aleti, palet ve travers, maden direği, müzik aleti, bazı spor ve ziraat aletleri ve kağıt endüstrisinde değerlendirilmektedir (Bozkurt, 1967; Malkoçoğlu, 1994).

Doğu kayınının makroskopik, yani dış özelliklerine göre doğrudan doğruya gözle ya da bir lup yardımıyla bakıldığında, odunun doğal renginin kırmızımsı beyaz olduğu görülür. Su buharı ile muamele edildiği taktirde daha koyu kırmızımsıtrak bir renk alır. Yıllık halka sınırları belirlidir ve yaz odunu ilkbahar odununa kıyasla daha koyu renktedir. İki öz ışını arasında yıllık halka dışarıya doğru çıktıkça hafif bir kavis yapar. Teğet kesitte öz ışınları 2 mm uzunluğu olan iki ucu sivri iğ şeklinde kırmızımsıtrak kahverengi çizgicikler halinde görülür ve bunlar kesitin her tarafına yayılmıştır. Odunu sert ve ağırdır. Kolayca yanılır. Kül renginde olan kabuk düzgün ve parlaktır (İlhan, 1976).

Tablo 0.1 Doğu kayını odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellikler	Değer
Tam kuru yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	0.59-0.63
Hava kurusu yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	0.66
Liflere paralel basınç direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	644
Liflere dik yönde basınç direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	870
Eğilme direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	1052
Makaslama direnci (kg/cm <sup>2</sup> )	150

### 1.2.2 Borlu Bileşikler

Bor, periyodik tabloda B sembolü ile gösterilen, atom numarası 5 ve atom ağırlığı 10.81 g olan metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en hafif üyesidir. Aynı zamanda Bor 3A grubunun metal olmayan tek elementidir. Bor elementinin erime sıcaklığı 2300°C , kaynama sıcaklığı ise 4000°C 'dir. Bor tabiatta hiçbir zaman serbest halde bulunmaz. Tabiatta yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir. Genel olarak bor içeren doğal minerallere boratlar denilmekte ve boratlar insanoğlu tarafından uzun yıllardır kullanılmaktadır. Borun metal

veya ametal elementlerle yaptığı bileşikler farklı özellikler gösterdiği için endüstride birçok bor bileşiği kullanılmaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak farklı olarak saf bor, karbon gibi elektrik iletkenidir. Kristalize bor, görünüm ve optik özellikleri bakımından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir (URL-2,URL-3, 2006).

Bor, atom ağırlığı 10.811 g olan, periyodik sistemin beşinci elementidir. Amorf bir hali ve ayrıca bilinen üç kristal şekli vardır. Reaktifler ile B-O veya B-S ve B-F bağları oluşturarak reaksiyona girer. Borun en önemli türevleri borik asit, boraks ve perboratlardır. Bor, periyodik tablonun 5. ve (III A) grubunun ilk elementidir. İzotoplarının kütle numarası 10 ve 11 olup, elektron düzeni ( $1s^2 2s^2 2p^1$ ) dir (Hafızoğlu ve ark., 1994), (Kurtuluş, 2003).

Bor  $2,34 \text{ g/cm}^3$  özgül ağırlıklı olan ve  $2300 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de eriyen bir elementtir. Doğada saf halde bulunmaz, ancak oksijenle birleşerek bor tuzları (boratlar) silikatlar halinde bulunur (URL-2, 2006).

Bor düşük yoğunluk, çok düşük elektrik iletkenliği ve yüksek erime noktasına sahip bir elementtir. Kristal yapıda bor, geçirgen ışıktaki kırmızı, toz formda siyahtır. En kararlı kristal yapısının ( $\beta$ -rombohedral), erime noktası  $2092 \text{ }^\circ\text{C}$  ve kaynama noktası  $\sim 4000 \text{ }^\circ\text{C}$ , yoğunluğu  $2.35 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Amorf bor ise, gri renkli bir toz olup özgül ağırlığı  $1.73 \text{ g/cm}^3$ , erime noktası  $2300 \text{ }^\circ\text{C}$ , kaynama noktası  $2550 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Elektrik akımını çok az iletir (Kurtuluş, 2003; Taşçıoğlu, 1992).

Bor rezervi bakımından dünya sıralamasında ilk sırayı alan Türkiye, üretiminin % 80'ini ham cevher olarak ihraç etmekte, ülke içerisinde de borik asit, boraks ve sodyum perborat olarak kullanılmaktadır (Tümsek, 1987).

Türkiye  $864.500$  bin ton bor rezervi ile dünyadaki bor rezervinin % 72.1'lik kısmına sahiptir. Türkiye'de bilinen bor yatakları Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya'da bulunmaktadır. Türkiye'de rezerv açısından en çok bulunan bor cevherleri tinkal ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) ve kolemanit ( $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )'tir (URL-3, 2009).

Bor iyonları biyolojik membranlardan kolayca geçebilmekte ve böylece ahşabın yapısına nüfuz edebilmektedir. Ahşap malzeme içerisinde oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik özellik kazanmaktadır (Yamaguchi, 2003).

Borlu bileşikler ağaç malzemeyi tahrip eden böceklere ve mantarlara karşı hem insektisit, hem de fungusit özellik gösteren tek emprenye maddesi olarak kabul



edilmektedirler. Borlu bileşikler aynı zamanda termitler ve böcekler gibi diğer odun zararlılarına karşı da etkin olarak kullanılabilirlerdir. Geleneksel emprenye maddeleri ile karşılaştırıldıklarında borlu bileşikler düşük oranlarda çevreye zararlı etkiye sahip olup, çok az miktarlarda akut toksisiteye neden olmaktadır. Borlu bileşikler insanlara ve hayvanlara normal sofradan daha fazla toksik olmayıp, renksiz ve kokusuzdurlar. Koroziv etkileri yoktur ve yanmaya karşı dirençlidirler. Borlu bileşikler günümüzde koruyucu emprenye maddesi olarak kullanılan en güvenli kimyasallardan biri olarak kabul edilmektedirler. İnsana ve çevreye olan olumsuz etkileri minimum düzeylerde olduğundan dolayı kullanımları giderek daha da önem kazanmaktadır. Borlu bileşikler ağır metal içeren diğer emprenye maddelerinden daha az toksik özellik taşımaları nedeniyle geleceğin en önemli emprenye maddeleri olarak görülmektedirler. Borlu bileşiklerin mantar ve termit gibi zararlılara karşı etkinliklerinden başka, ahşap malzemelerin yanmaya karşı direncini de artırması bu bileşiklerin kullanım alanlarını arttırmaktadır (Lloyd, 1998).

Odun koruma amaçlı, ticari anlamda ve bilimsel denemelerde kullanılan borlu bileşiklerden bazıları borik asit, boraks, sodyum perborat, magnezyum borat, amonyum borat, di amonyum oktaborat, trietil borat, amonyum pentaborat, çinkoborat, amonyum fluoborat, di sodyum oktaborat ve bakır metaborat'tır (Karayazıcı vd., 1980).

Borlu bileşikler basınçlı ve basınçsız birçok yöntem ile emprenye işlemlerinde masif ağaç malzemeye uygulanmaktadır. Borlu bileşiklerin yüksek çözünürlükte olmaları, emprenye işlemlerinde hem avantaj hem de bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Çünkü yüksek çözünürlük emprenye sonrasında borlu bileşiklerin ahşap malzemenin kolaylıkla yıkanarak uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle borlu bileşikler ile emprenye edilen ahşap malzemenin genellikle su ve toprakla temas etmeyen yerlerde kullanılması önerilmektedir. Borlu emprenye maddelerinin ağaç malzemenin yıkanmasını önlemek için halen birçok çalışma yapılmaktadır (Kartal ve Green, 2002).

Hafizoğlu ve diğerleri (1994) yaptıkları çalışmada borlu bileşiklerin odun koruma endüstrisinde tercih edilme nedenlerini şöyle özetlemiştir.

1. Yangın gibi, ağaç malzemenin yüksek sıcaklıkla karşı karşıya kaldığı durumlarda, dış tabakalardaki suyu süratle dışarı vererek hızla kömürleşmesini, böylece kömürleşen dış tabakadan içeriye ısının iletilmesini önleyerek yavaş yanmayı sağlaması ve yangında acil müdahaleye zaman kazandırarak can ve mal kaybını azaltması,

2. Mantar ve böceklere karşı yüksek koruyucu etkiye sahip olması,

3. Özellikle taze haldeki keresteye süratle ve derinlemesine nüfuz ederek, emprenye işlemlerinde pahalı tekniklere duyulan ihtiyacı azaltması,

4. Ülkemizde, bol ve ucuz şekilde bulunabilme imkanı,

5. Arsenikli, florlu veya çevreye yayılma imkânı bulunan asidik ve bazik zehirli bileşikler içermemesi nedeniyle çevre dostu olması,

6. Suda veya yüksek rutubetli ortamlarda çözünebilirliği nedeniyle daha önceden koruyucu işlem görmüş veya görmemiş ahşap konstrüksiyonlarda tuz çubukları şeklinde ahşap üzerinde açılan deliklere yerleştirilmesi ve buralarda su veya rutubet etkisi ile çözünerek malzemeye yayılması yoluyla tahribata engel olmasıdır.

Borlu bileşiklerin bu olumlu yönlerinin yanı sıra aşağıda özetlenen sakıncalı özellikleri bu bileşiklerin kullanımını sınırlamaktadır (Hafizoğlu ve ark., 1994).

1. Suyla kolayca yıkanıp odundan uzaklaştığından, dış ortamlarda kullanılmasının sınırlı olması,

2. Taze haldeki odunların emprenyesinde difüzyon yöntemi ile emprenye uygun olmasına karşın, difüzyon süresinin uzun olması,

3. Diğer sektörlerde daha yaygın kullanımına karşın, odun koruma sektöründe kullanımının yaygın olmaması.

#### **1.2.2.1. Boraks**

Boraks, tinkal cevherinden elde edilmektedir. Boraks içerdiği billur suyuna göre dekahidrat, pentahidrat ve anhidir olarak üç tipe ayrılmaktadır. Boraks dekahidrat 10 mol su içerir. Sodyum tetraborat dekahidrat, disodyum tetraborat dekahidrat, boraks 10 mol olarak da ifade edilir. Kimyasal formülü  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  şeklinde olup beyaz toz halinde suda çözünebilir formda bulunur. % 99'dan fazla sodyum tetraborat dekahidrat içerir. Beyaz ya da renksiz, katı kristal toz formundadır. Boraksın kullanım alanları kozmetik, yalıtım cam elyafi, sabun ve deterjan, seramik sanayi, gübre, metalurji, cam, tarım ve alev geciktiriciler olarak verilebilir (URL-2, 2006).

Tablo 0.2. Boraksın bazı kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellik	Değer
Özgül Ağırlık (20 °C'de).....	1.710 g/cm <sup>3</sup>
Dökme Yoğunluğu (Granül).....	0.835 g/cm <sup>3</sup>
Dökme Yoğunluğu (Toz).....	0.882 g/cm <sup>3</sup>
Dökme Yoğunluğu (Kristal).....	1.010 g/cm <sup>3</sup>
Molekül Ağırlığı.....	381.37 g/mol
Erime Noktası.....	741 °C
Kaynama Noktası.....	1575 °C

### 1.2.2.2. Borik Asit

Kristal halinde, renksiz, kokusuz ve parlak bir maddedir. Birçok maden sularında ve bazı göllerde sodyum borat ve magnezyum tuzları halinde bulunur. Hafif bir asit olduğu için tadı ekşimsidir. Antiseptik özelliğe sahiptir, mikropların üremelerini yavaşlatır ve durdurur. Borik asit, elementel borun bir oksiasidi olup, formülü H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> şeklindedir. Molekül ağırlığı 61.83 g/mol, erime noktası 169 °C ve kaynama noktası 300 °C'dir. Özgül ağırlığı 1.46 g/cm<sup>3</sup>'tür. Borik asit suda orta derecede çözünür. Sıcak sudaki çözünürlüğü soğuk sudakinden daha fazladır. Alkol ve gliserinde de çözülür. Ahşap malzemeyi dış etkilere karşı korumada ve kumaşları ateşe dayanıklı hale getirmede kullanılır (Yuca, 2010).

Borik asit (borasis asit ya da ortoborik asit olarak da adlandırılır), borun zayıf bir asididir. Borik asit, kolemanit cevherinden elde üretilmektedir. Kimyasal formülü H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (ya da B(OH)<sub>3</sub>), şeklinde yazılır ve beyaz toz halinde suda çözünebilir formda bulunur. Borik asit kolemanit cevheri ile sülfürik asidin veya boraks ile bir mineral asidin örneğin hidroklorik asidin reaksiyona girmesi ile elde edilir (URL-2, 2006).

Sıcaklık 150 °C' nin üzerine çıkmadığı sürece dehidrasyon HBO<sub>2</sub> formunda kalır. Daha yüksek sıcaklıklarda borik asit bünyesindeki tüm su uzaklaştırılarak susuz borik asit elde edilir. Kristal susuz borik asit 450 °C'de erir. Amorf susuz borik asit belli bir erime derecesine sahip değildir. Yaklaşık 325 °C'de yumuşamaya başlar ve yaklaşık 500 °C'de tamamen akışkan hale gelir. Borik asidin (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) tamamen ayrışması sonucunda bor oksit oluşur (Kocakuşak, 1998; Kirk-Othmer, 1990).

Borik asit sanayide ısıya dayanıklı camlar (borosilikat camları), cam elyaf, porselen, emaye, bor bileşikleri üretiminde, metallurjide, boya endüstrisinde, ateşe dayanıklı malzemelerde, ilaçlarda, kozmetiklerde vb. kullanılmaktadır (Taşçıoğlu, 1992).

### **1.2.3. Doğal Emprenye Maddeleri**

Bu tez çalışmasında doğal emprenye maddeleri ile tanenler kastedilmiştir. Tanen kelimesi oldukça geniş bir terimdir ve değişik kimyasal kompozisyondaki bileşikleri kapsamaktadır. Tanenler odunun % 20-30'unu meydana getiren fenolik maddeler arasında önemli bir yer teşkil etmektedir. Fenolik maddelerin en önemli kısmını lignin olarak bilinen bir sistem oluşturur. Tanenler flobafenler, renkli maddeler ile lignin su ve organik çözücülerde çözünebilir fenolik bileşiklerdir (Hafızoğlu, 1984).

Tanenler amorf maddelerdir ve tannik asit adıyla da bilinmektedir. Renkleri açık saman ile koyu kırmızı kahverengi arasında değişir. Tanenler kestane, meşe, meşe palamudu, sumak gibi yüksek yapılı bitkilerde yoğun şekilde bulunan, kimyasal yapıları oldukça değişkenlik gösteren ve molekül ağırlıkları 20000 daltona kadar ulaşabilen suda çözünebilir polifenolik karakterli bileşiklerdir. Bitkilerin kabuk, kök, yaprak, meyve ve tohum kısımlarında bulunabilen tanenler açık sarıdan beyaza, parlaktan mata kadar değişen görsel özellikler sergileyen gevşek yapılı buruk tatta bileşiklerdir (Khanbabaee ve Ree, 2001).

Tanenler birçok ağaç kabuğunda, bazı iğne yapraklı ağaç cinslerinde, kestane ve meşede bulunmaktadır. Tanenler odunu mantar enfeksiyonuna karşı koruyucu özelliktedir (Kırcı, 2000).

Tanenler hidrolize tanenler ve kondanze tanenler olarak iki gruba ayrılmaktadır (Freudenberg, 1958). Bu tez çalışmasında kullanılan tara hidrolize tanenler grubuna, kebrako ise kondanze tanenler grubuna dahildir.

#### **1.2.3.1. Kebrako (Quebracho)**

Kondanze tanenlerden olan Kebrako Güney Amerika'da Paraguay ve Arjantin'de yetişen ve botanik adı *Schinopsis balansae* ve *Schinopsis lorentzii* olan ağacın gövdesinden elde edilir. Kebrako odunundaki tanen oranı % 20'dir. Kebrako ekstraktı sıcakta ve soğukta çözünen olmak üzere iki gruba ayrılır. Düşük miktarda asit, tuz ve şeker içerir.

Şekil 1.1'de görüldüğü gibi kebrako ekstresi koyu kahve renkli olup % 80 oranında tanen içerir. Işıkla temasta renk koyulaşır. Kebrako çok kolay çökelir ve suda zor çözünür. Doğal pH değeri 4,9'dur ( URL-4, 2015).



Şekil 1.1. Kebrako odunu ve ekstresi

### 1.2.3.2. Tara (*Caesalpinia spinosa*)

Tara (*Caesalpinia spinosa*), dikenli kabuğu, ilgi çekici sapının iki yanında tüysü yaprakları olan ve kırmızımsı sarı çiçekleri ile kuzey ve batı Güney Amerika'ya özgü küçük bir ağaç veya büyük yerli çalıdır. Şekil 1.2'de görüldüğü gibi meyveleri fasulyeye benzer ve bunların içinde yaklaşık 5 mm çapında tohumları vardır. Şekil 1.3'de görülen tohumları bakla gibidir ayıklanır ve oldukça kırmızı kabukları vardır. Ahşap malzeme için doğal sarı boya kaynağıdır. En iyi çok tropikal ve sıcak ılıman iklimlerde yetişmektedir. Tara hidrolize tanenlerdendir. Tara ekstraktının tanen içeriği % 60 civarındadır. Tara ekstraktının çözelti pH'sı 3.5 civarındadır. Tara ekstraktları sumak ve Türk mazısı tanenlerine benzer özelliktedir. Tara ekstraktları deri tabaklama, boya üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır (URL-4, 2015).



Şekil 1.2.Tara bitkisinin tohumları ve meyveleri (URL-4, 2015)



Şekil 1.3. Tara ekstresi

Bu tezde, ülkemizde birçok alanda kullanılmakta olan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) odunundan hazırlanan deney örnekleri, tanen içeren doğal empenye maddeleri ve borlu bileşik karışımları ile empenye edilerek fiziksel ve mekanik bazı özelliklerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır.

Emprenye edilen doğu kayını örnekleri, Universal test cihazında çeşitli testlere tabi tutulmak sureti ile örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin nasıl değiştiği ve empenye maddelerinden hangisinin veya hangilerinin daha avantajlı olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında doğaya zarar vermeyen doğal empenye maddeleri kullanılarak empenye işlemleri sonucunda çevrede oluşabilecek olumsuz etkilerin ve zararların

azaltılması amaçlanmıştır. Ahşap malzemenin tutuşmasını ve yanmasını geciktirici etkiye sahip olan borlu bileşikler ile emprenye edilen ahşap malzemeler iç mekanlarda daha güvenli ve aranan malzemeler olacaktır. Emprenye işleminde kullanılan borlu bileşikler ve tanenler mevcut emprenye tekniklerinin maliyetinden daha düşük maliyet ile emprenye işlemi yapılabilmesine olanak sağlayacaktır. Emprenye maliyeti kullanılan tanenler ve borlu bileşiklerin birim fiyatları üzerinden her emprenye işleminde kullanılan miktara göre hesaplanıp buna işçilik ve diğer giderlerin eklenmesi ile yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

Dünya’da en fazla bor rezervine sahip olan Ülkemizde; bu çalışma ile bor emprenye işlemlerinde kullanılmaya başlayacak ve böylece bor için yeni bir kullanım alanı daha ortaya çıkabilecektir. Bunun sonucunda da Ülkemiz ekonomisine katkı sağlanabilecektir.

### **1.3. Önceki Çalışmalar (Literatür Özeti)**

Findlay (1985) yaptığı çalışmada ağaç malzemenin emprenyesinde iki önemli husustan bahsetmiştir. Ağaç malzemenin kimyasal maddelerle emprenyesinde dikkat edilmesi gereken iki önemli husus vardır. Bunlardan birincisi, odunun mantar ve böceklerle karşı olan doğal dayanımı, ikincisi ise sıvılara karşı olan geçirgenliği (permeabilitesi)dir. Ahşabın çürümeye karşı olan doğal dayanımı, öncelikle odunun kimyasal bileşimine bağlıdır. Permeabilitenin ise odunun mikroskobik yapısı ile ilgili bir özellik olduğu belirtilmiştir.

Le Van ve Tran (1991) yaptıkları çalışmada; borik asit ve boraksın çeşitli karışımları ile birlikte kullanılması durumunda, ağaç malzemenin yanma direncini olumlu yönde arttırdığını belirlemişlerdir.

Banda ve Omwe (1997), yaptıkları bir çalışmada, Uganda’da doğal olarak yetişen sekiz farklı ağaç odunu üzerinde, kreozotla emprenye işleminin elastikiyet modülü ve basınç direnci üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; kreozotla yapılan 24 saatlik emprenye işlemi sonucunda, direnç değerlerinin önemli derecede arttığını tespit etmişlerdir.

Örs ve diğerleri (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, sarıçam ve doğu kayını odunları bazı emprenye maddeleri ile emprenye edilerek, tam kuru ve hava kurusu yoğunluklarda meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Sonuçta, sarıçamın hava kurusu yoğunluğu, vacsol, stiren+MMA, izosiyanat, ve tam kuru yoğunluğu, vacsol,

izosiyanat, parafin+borik asit+boraks ve izosiyanat ile en fazla miktarda etkilendiğini belirlemişlerdir.

Peker ve diğerleri (1999) yaptıkları çalışmada; doğu kayını ve sarıçam odunları borlu bileşikler, fosforlu bileşikler, amonyumlu bileşikler ve organik çözücü maddelerle emprenye edilmiştir. Çalışma sonucu, retensiyon miktarlarını (boraks+borik asit) karışımı ile emprenye edilen doğu kayını odunu deney örneklerinde  $10.57 \text{ kg/m}^3$ , sarıçam odunu deney örneklerinde ise  $41.64 \text{ kg/m}^3$  olarak saptanmıştır.

Uysal ve diğerleri (1999) yaptıkları araştırmada, doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* Spp.), sarıçam (*Pinus sylevstris* L.) ve dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ağaçlarından hazırlanan örneklerin, NaOH+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH+Ca(OH)<sub>2</sub>+ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HClO ve HCl çözeltileri ile renklerini açtıktan sonra PVAc tutkalı ile yapışma dirençlerini belirlemişlerdir. Deneyler sonucunda; doğal malzemeye göre rengi açılan bütün ağaç türlerinin yapışma mukavemetinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Akyıldız (1999) yaptığı çalışmada doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sakallı kızılgağaç (*Alnus glutinosa* subsp.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarının çivi ve vida tutma direnç değerlerini araştırmıştır. Deney sonuçlarına göre; çivi tutma direnci % 30 rutubette % 12'den daha yüksek değerler verdiğini belirlemiştir. Türlerde ise; doğu kayınının en yüksek çivi tutma direncine sahip olduğu, Anadolu kestanesi, sakallı kızılgağaç ve doğu ladininin onu izlediği, en düşük çivi tutma direncinin ise sarıçamda olduğunu belirtmiştir. Vida tutma direncinin en yüksek % 12 rutubet değerinde elde edildiğini belirtmiştir. Türlerde ise; en yüksek vida tutma direncinin doğu kayınında elde edildiğini, onu sırasıyla sakallı kızılgağaç, anadolu kestanesi ve sarıçamın izlediğini, en düşük vida tutma direncinin ise doğu ladininde elde edildiğini bildirmiştir.

Akyıldız ve Malkoçoğlu (2001) yaptıkları çalışmada; Doğu Karadeniz Bölgesi'nden elde edilen doğu kayını, Anadolu kestanesi, sakallı kızılgağaç, doğu ladini ve sarıçam odunlarının vida tutma dirençleri belirlenmişlerdir. Ağaç türlerine göre en yüksek vida tutma direnci doğu kayını odununda elde edilmiştir. Onu sırasıyla sakallı kızılgağaç, anadolu kestanesi ve sarıçam izlemiş en düşük vida tutma direnci ise doğu ladini odununda elde edilmiştir.

Baysal (2002) yaptığı çalışmada; sarıçam odunundan hazırlanan deney örnekleri, borlu bileşikler ve melaminformaldehit reçinesi karışımları ile emprenye etmiş daha sonra deney örneklerinin yanma özelliğini incelemiştir. Deney sonuçlarına göre; borlu



bileşiklerin çeşitli yanma parametreleri açısından, deney örneklerinin yanma özelliklerinde önemli iyileşmeler sağladığını tespit etmiştir.

Baysal ve diğerleri (2003) yaptıkları çalışmada ağaç malzemedeki yanmayı geciktirici veya engelleyici bir madde olarak boraks ve borik asit karışımı ve çeşitli doğal sepi maddeleri ile empenye edilmiş sarıçam odununun yanma özelliklerini incelemişlerdir. Doğal sepi maddelerinin incelenen bazı yanma parametreleri üzerinde olumsuz etkiye bulunduğunu, doğal sepi maddeleri ile muamele edilen sarıçam odunun yanma özelliklerinin kontrole benzer ya da kötü düzeyde gerçekleştiğini ve fakat bazı yanma ile ilgili özelliklerde istatistiksel anlamda önemli düzeyde iyileşme sağlandığını belirlemişlerdir.

Baysal ve diğerleri (2003) yaptıkları çalışmada su ile çözünen borlu empenye maddelerinin oda sıcaklığında en fazla % 6 oranında çözülebildiğini ve bundan daha yüksek sulu konsantrasyonların ancak dışarıdan bir müdahale ile (çözücü suyun ısıtılması, vb.) yapılacağını fakat dışarıdan yapılan bu tür müdahalelerin empenye maddesinin kimyasal özelliklerini bozucu olumsuz etkiler yaparak sonucu etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Çolakoğlu ve diğerleri (2003) yaptıkları çalışmada; kayın odunundan hazırlanan lamine levhaları borik asit ile empenye işlemine tabi tutduktan sonra lamine levhaların çeşitli mekanik özelliklerini araştırmışlar. Araştırma sonucunda, borik asit ile empenye işleminin eğilme direncinde ve eğilmede elastikiyet modülünde az bir düşüşe sebep olduğu, fakat bu düşüşün, istatistiksel anlamda önemli düzeyde olmadığını belirlemişlerdir.

Baysal ve diğerleri (2003) yapmış oldukları çalışmada empenye işleminin başarısı ve koruma derecesinin, empenye maddesi ile oduna ait özelliklerin yanı sıra ahşapta tutundurulmuş net kuru empenye maddesi miktarı (retensiyon) ve empenye maddesinin oduna nüfuz etme derinliği gibi özelliklere bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Gür (2003) yapmış olduğu çalışmada sarıçam ve kızılçam odunlarından hazırladığı örnekleri tanalith C ve vacsol WR empenye maddelerini kullanarak vakum-basınç tekniği ile empenye etmiştir. Empenye işlemi sonrasında örneklerin yapışma ve eğilme direnci, sertlik ve yoğunluklarında meydana gelen değişiklikleri araştırmıştır. Empenye işleminin yapışma ve eğilme dirençlerini azalttığını, özgül ağırlığı artırdığını, sertliği sarıçamda düşürdüğünü, kızılçamda ise artırdığını bulmuştur.

Baysal ve diğerleri (2003), çeşitli empenye maddeleri ile muamele edilen kayın odununun mekanik özellikleri isimli çalışmalarında; bor bileşikleri, ticari empenye

maddeleri ve su itici maddeler kullanarak yaptıkları emprenye işleminde, kayın odununun mekanik özelliklerini incelemişler ve borik asit ile boraks karışımı üzerine uygulanan izosiyanat muamelesiyle en yüksek eğilme direncini tespit etmişlerdir.

Kartal ve Unamura (2004) yaptıkları çalışmada bor esaslı maddelerin ağaç malzeme ve kompozitlerde kullanım olanakları ve borun ağaç malzemedeki yıkanmasını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda borlu bileşiklerin belki de tek dezavantajının ağaç malzemedeki kolaylıkla yıkanmaları olduğu tespit edilerek, toprakla temas etmeyen ve yıkanma riski bulunmayan yerlerde kullanılacak ağaç malzemeler için borlu bileşiklerin uygun emprenye maddesi olduğunu bildirmişlerdir.

Temiz ve diğerleri (2004) yaptıkları çalışmada, çeşitli emprenye maddelerinin ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; CCA ile emprenye edilen ağaç malzemenin eğilme direncinde yaklaşık % 12 civarında azalma tespit ederken; ACQ ile emprenye edilen deney örneklerinde yaklaşık % 5 oranında bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Uysal ve Kurt (2005) yaptıkları çalışmada, bor bileşikleriyle emprenye edilmiş kayın ve sarıçam ağaçları kullanarak yaptıkları yanma deneyleri sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak analizi neticesinde, yanmayı geciktirici ve/veya önleyici emprenye maddesi olarak boraks-borik asit karışımı ve iğne yapraklı ağaç olan sarıçam ağacının daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

Güntekin, Keskin ve Atar (2005) yaptıkları çalışmada; doğu kayını ve sarıçamdan üretilen lamine ağaç kaplamalar (LVL) ile vida çekme deneyi yapmıştır. Yapıştırıcı olarak PVAc ve Desmodur-VTKA kullanmışlardır. Deneyler sonucunda vida çekme direnci en yüksek D-VTKA ve 17x17 vida ile bağlanmış 4 mm kalınlığında kayında (22.32 N/mm<sup>2</sup>); en düşük ise 20x45 ile PVAc yapıştırıcı ile bağlanmış 5 mm kalınlığındaki çam ağacında (6,74 N/mm<sup>2</sup>) olarak belirlemişlerdir.

Baysal ve diğerleri (2006), yaptıkları çalışmada borlu bileşiklerle muamele edilen ağaç malzemedeki higroskopisite seviyelerini belirlemişlerdir. Çalışmada borlu bileşiklerden borik asit (BA), boraks (BX) ve borik asit boraks karışımının % 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'lık sulu çözeltileri kullanmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, borik asit boraks karışımının % 1'lik sulu çözeltisi ile emprenye edilen sarıçam odunu deney örneklerinde en düşük higroskopisite değeri elde edilmiştir. Higroskopisiteyi en fazla arttıran maddenin de borik asit - boraks karışımının % 6'lık sulu çözeltisi olduğunu bulmuşlardır.

Bal (2006) yaptığı çalışmada sarıçam odununun, Amonyaklı Bakır Quat (ACQ) ile daldırma ve basınç yöntemleri ile emprenyesi sonucu, bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Fiziksel özelliklerden tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, hacim ağırlık değeri ve odunun çalması (daralma ve genişleme miktarları), mekanik özelliklerden; eğilme direnci, şok direnci, liflere paralel ve liflere dik çekme dirençleri, liflere paralel basınç direnci ve makaslama direnci, emprenye edilenler ile kontrol grubu örnekleri karşılaştırmalı olarak araştırmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre; ACQ (Amonyaklı Bakır Quat) ile emprenye işleminde, odunun mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin istatistiksel bakımdan önemsiz olduğunu tespit etmiştir.

Atar (2007) yaptığı çalışmada polivinil-asetat (PVAc) tutkalını farklı oranlarda su ile seyreltmenin bazı ağaçlarda yapışma direncine etkisini belirlemek amacı ile doğu kayını, sapsız meşe ve sarıçam odunlarından hazırlanan örnekler su ile farklı oranlarda hazırlanmış beş değişik çözelti ve ambalaj viskozitesindeki PVAc ile EN 204'e göre yapıştırdıktan sonra EN 205 esaslarına uyarak çekme deneyleri yapmıştır. Deney sonuçlarına göre en yüksek yapışma direncini doğu kayınında ( $7.347 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük yapışma direncini ise sarıçamda ( $5.087 \text{ N/mm}^2$ ) olarak saptamıştır.

Açikel (2007) yaptığı çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.); sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ve doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunlarını boraks, borik asit, boraks+borik asit, immersol-aqua ve timbercare-aqua emprenye maddeleri ile emprenye ederek iki farklı çapta (3.5x50 mm ve 4x50 mm) vida ile vida çekme deneyine tabi tutmuştur. Sonuç olarak, vida çekme direnci ağaç türü bakımından en yüksek meşede ( $41.41 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük sarıçamda ( $27.81 \text{ N/mm}^2$ ); emprenye maddeleri bakımından en yüksek borik asitte ( $36.80 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük immersol-aqua ile uzun süreli emprenyede ( $35.52 \text{ N/mm}^2$ ); vida çapı bakımından en yüksek 3.5x50 mm'de ( $37.21 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük 4x50 mm'de ( $34.99 \text{ N/mm}^2$ ) ve vidalama yönü bakımından en yüksek yüzeyde ( $42.01 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük maktada ( $31.77 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. Buna göre emprenye işleminin vida çekme direncini arttırdığını belirtmiştir.

Toker (2007) çalışmasında, borlu bileşiklerden borik asit, boraks ve sodyum perborat'ın çeşitli konsantrasyon düzeyinde sulu çözeltileriyle muamele ettiği deney örneklerinde, tam kuru yoğunluk değerlerinin, emprenyesiz (kontrol) örneklerine kıyasla daha yüksek değerler verdiğini bildirmiştir.

Aytaşkın (2009), yaptığı çalışmada, boraks ve borik asit gibi çeşitli emprenye maddeleri ile muamele edilmiş kavak, ıhlamur ve kestane odunlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Emprenye maddelerinin yoğunluk ve ısı iletkenliğini arttırdığını, eğilme direnci ve elastikiyet modülünü ise azalttığını tespit etmiştir.

Şimşek ve diğerleri (2009) borlu bileşiklerle muamele edilen ağaç malzemenin çürüklüğe karşı direncini ve tam kuru yoğunluk değerlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlar. Çalışmada deney örnekleri testlerden önce, ASTM D 1413–76 standardında belirtilen esaslara göre borlu bileşiklerin % 0.25, 0.50, 1.50 ve 3.00'lük çözeltileriyle emprenye işlemine tabi tutulmuştur. Emprenye işlemi ile deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerlerinde belli düzeyde artışlar kaydedilmiştir. Genellikle, çözelti konsantrasyonunun artmasına paralel olarak deney örneklerinin tam kuru yoğunluk değerlerinin de arttığını belirlemişlerdir.

Şimşek (2009) yaptığı çalışmada borlu bileşikler ile emprenye ettiği sarıçam ve doğu kayını odununun mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; borlu bileşiklerle emprenye işleminin eğilme ve basınç direncini azaltırken, çürüklük direncinde ise artışa sebep olduğunu bildirmiştir.

Şimşek ve diğerleri (2009) yaptıkları çalışmada borlu bileşiklerle muamele edilen ağaç liflere paralel basınç direnci değerlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deney örnekleri testlerden önce, ASTM D 1413–76 standardında belirtilen esaslara göre borlu bileşiklerin % 0.25, % 0.50, % 1.50 ve % 3.00'lük çözeltileriyle emprenye işlemine tabi tutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, liflere paralel basınç direnci değerleri borlu bileşiklerle emprenyeli deney örneklerinde, emprenyesiz kontrol örneğine kıyasla daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Genellikle, konsantrasyon artışına paralel olarak, deney örneklerinin liflere paralel basınç direncinin daha düşük değerler verdiğini tespit etmişlerdir.

Özçifçi ve Batan (2009) yaptıkları çalışmada, sanayi atığı bor yağı ile emprenye edilen Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* M.), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarının bazı mekanik özelliklerini tespit etmişlerdir. Çalışmada deney örnekleri ASTM-D 1413 esaslarına göre iki farklı yöntemle emprenye edilmiştir. Birinci yöntemde dolu hücre yöntemi ile bir saat ön vakum, 4 atmosfer basınç altında bir saatlik emprenye işlemi yapılmış, ikincisinde ise normal şartlar altında bir saat süre ile daldırma metodu uygulanmıştır. Mekanik direnç testlerinde; en yüksek, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, basınç direnci ve dinamik eğilme direnci kayın

odunu kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, atık bor yağının ağaç malzemenin mekanik özelliklerini % 2 ila % 5 oranında düşürdüğü bununda istatistiksel olarak önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir. Buna göre ağaç malzemenin mekanik etkilere maruz kalacağı yerlerde daldırma yöntemiyle emprenye edilmesi önerilebilir denilmiştir.

Altınok ve Doruk (2010) yaptıkları çalışmada, doğal ortam şartlarının ağaç malzemenin vida tutma performansına etkileri araştırmışla ve bu amaçla, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ve doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunlarını kullanmışlardır. Deney örneklerine ahşap koruyucu olarak; emprenye (% 3 parafin / % 10 bezir yağı / % 87 beyaz ispiro-white sprite karışımı) ve sentetik esaslı vernik uygulamışlardır. Bütün örnekler Ankara bölgesinde kış şartlarında (Ocak-Şubat-Mart/ 2009) üç ay bekletilerek farklı yönlerde vida tutma yetenekleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, vida tutma (çekme) performansı en yüksek; yıl halkaları yüzeye 45<sup>0</sup> eğik (diyagonal) vernikli Doğu kayınında (4776 N), en düşük ise yıl halkaları yüzeye paralel kontrol Sarıçamda (1241 N) olduğunu tespit etmişlerdir.

Şimşek, Baysal ve Peker (2010) birlikte yaptıkları çalışmada doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'dan hazırlanan ahşap örnekleri Sodyum tetrafloroborat (SFB), amonyum tetrafloroborat (ARB) ve amonyum pentaborateoctahydrate (APB) borat ile emprenye ederek bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini test etmişlerdir. Emprenye işleminde boratların % 0.25, 0.50, 1.50 ve 3.00'lük çözeltileri kullanmışlar ve sonuç olarak çekme direnci ve liflere paralel basınç direncinin emprenye edilmemiş kontrol örneklerine göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Kaya (2011) yaptığı çalışmada, bor içeren emprenye maddelerinin odunun yanmasını ve tutuşmasını geciktirici etkilerinin olduğunu belirlemiştir. Çalışmada sarıçam odununun Disodyum Pentaborat Dekahidrat ( $Na_2-5B_2O_3-10H_2O$ ) karışımı ile emprenyesi sonucu emprenye süresi ve çözelti yoğunluğu arttıkça, yanma sonrasında kalan malzeme miktarında önemli oranda artışlar olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak yanma kayıplarını incelediğinde, emprenye süresi ve çözelti yoğunluğu arttıkça yanma sonrasında kalan malzeme miktarında önemli ölçüde artışlar olduğunu tespit etmiştir.

Perçin ve Ayan (2012) yaptıkları çalışma ile ısıtma işlemi uygulanmış bazı ağaç malzemelerdeki vida tutma direncini belirlemişlerdir. Bu amaçla doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ve kara kavak (*Populus nigra* L.) odunları tercih edilmiştir. Örnekler Thermowood yöntemine göre 150, 175 ve 200 °C'de iki saat ısıtma işlemine maruz bırakılmıştır. Ardından TS 2472'ye göre

hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerleri, teğet ve enine kesit yuzyeylerinde vida tutma dirençleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda teğet kesitte elde edilen vida çekme dirençleri enine kesitten daha yüksek tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre mobilya konstrüksiyon tasarımında vida tutma performansı bakımından, ısıl işlem uygulanmış yoğunluğu yüksek olan ağaç türleri ve teğet yuzyeyler tercih edilebileceğini belirlemişlerdir.

Atılğan, Ersen ve Peker (2013) yaptıkları çalışmada çay bitki ekstraktı ile emprenye edilen ağaç malzemede toplam tutunma (retensiyon) miktarları ve % retensiyon oranları belirlenmiştir. Çalışmada ahşap malzeme olarak; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* A.), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), kara kavak (*Populus nigra*), iroko (*Milicia excelsa*) ve Avrupa melezi (*Larix decidua*) odunları kullanılmıştır. Deney sonuçları göre; en yüksek % retensiyon oranı kayın odununda (% 6.75) tespit edilmiştir. Sonuç olarak çay bitki ekstraktından elde edilen organik maddenin, ahşap malzemede emprenye maddesi olarak kullanılabilceği saptanmıştır.

Çavdar, Mengeloğlu ve Karakuş (2015) yaptıkları çalışmada ladin ağaç unu (WF) dolgulu yüksek yoğunluklu polietilen kompozit malzemeyi borik asit, boraks ve karışım çözeltisi ile emprenye ederek bazı mekanik ve termal özelliklerini araştırmışlardır. Test sonuçlarına göre, boraks ile emprenye edilen örneklerin borik asit ile emprenye edilen örneklere göre daha iyi mekanik özellikler sağladığı ve kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında % 40 elyaf yükten dolayı oluşan gerilme modülü ile % 19 iyileşme göstermiştir. Buna ek olarak, emprenye sonucunda LOI seviyeleri ve kömürleşme arttığı, yanma hızının % 50 azaldığını belirlemişlerdir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, materyal olarak ahşap endüstrisinde oldukça sık kullanılan ve ülkemizde geniş bir yayılıma sahip olan doğu kayını odunu kullanılmıştır. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan doğu kayını Gümüşhane ili Kürtün ilçesi Alacadağ mevkinde yaklaşık 1200 m rakımda yetişmiştir. Deney örnekleri odunun lif yönlerine dikkat edilerek, odunun kusur olmayan kısımlardan hazırlanmış ve uygun rutubet derecesine kadar kurumaları sağlanmıştır.

Doğal emprenye maddesi olarak bol tanen içeren kebrako ve tara kullanılmıştır. Bu tanenler ithaldir ve deri sanayisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Yerli tanenlerin üretimi sınırlı olduğu için maliyetleri ithal tanenden daha yüksek düzeydedir. Bu nedenle ithal tanenler kullanılmıştır. Borlu bileşiklerden boraks (B) ve borikasitin (BA) % 1, % 3 ve % 5'lik konsantrasyonlardaki sulu çözeltileri kullanılmıştır. Emprenye işleminde doğal emprenye maddeleri ile borlu bileşiklerin karışımları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan borlu bileşikler Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Kırka, Bigadiç ve Emet tesislerinden temin edilmiştir.

Emprenye maliyetleri belirlenirken tara, kebrako, boraks ve borik asitin kilogram fiyatları ile kullanılan miktar çarpılmış ve bu değere işçilik ve diğer maliyetler eklenerek yaklaşık maliyet bulunmuştur. Tara ve kebrako ithal olduğu için fiyatları dolara endekslidir. Farklı fiyatlar olmakla beraber hesaplamada taranın kilosu 2.5 dolar, kebrakonun kilosu 1.8 dolar olarak alınmıştır (1 dolar: 2.70 tl). Kullanılan borlu bileşiklerde de farklı fiyatlar olmakla beraber hesaplamada boraksın kilosu 8 tl, borik asitin kilosu ise 5 tl olarak alınmıştır. Fiyatlar zamanla değişkenlik gösterebileceği için maliyet de buna bağlı olarak bir miktar değişebilmektedir.

Liflere paralel yapışma direnci testinde kullanılan deney numuneleri açık hava şartlarına dayanıklı yüksek kaliteli PVA bazlı D2 normunda ahşap yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır. Kullanılan tutkal Polivinil asetat (PVA) bazlı beyaz renkli, kurduğunda şeffaflaşan her türlü ahşapta kullanılabilen güçlü bir tutkaldır. D2 normundadır, orta seviyede neme dayanıklıdır. Su ile seyreltilir. İskelet işlerinde idealdir. Mükemmel yapışma gücüne sahiptir. Sert ağaçlarda, MDF, sunta ve her türlü ağaçtan birinin diğerine

ve kendi türünden herhangi bir malzemeye yapıştırılması amacı ile kullanılır. Yeterli yapışma sağlanması için yaklaşık 10 dakikalık uygulama süresine ihtiyaç vardır( URL-5).

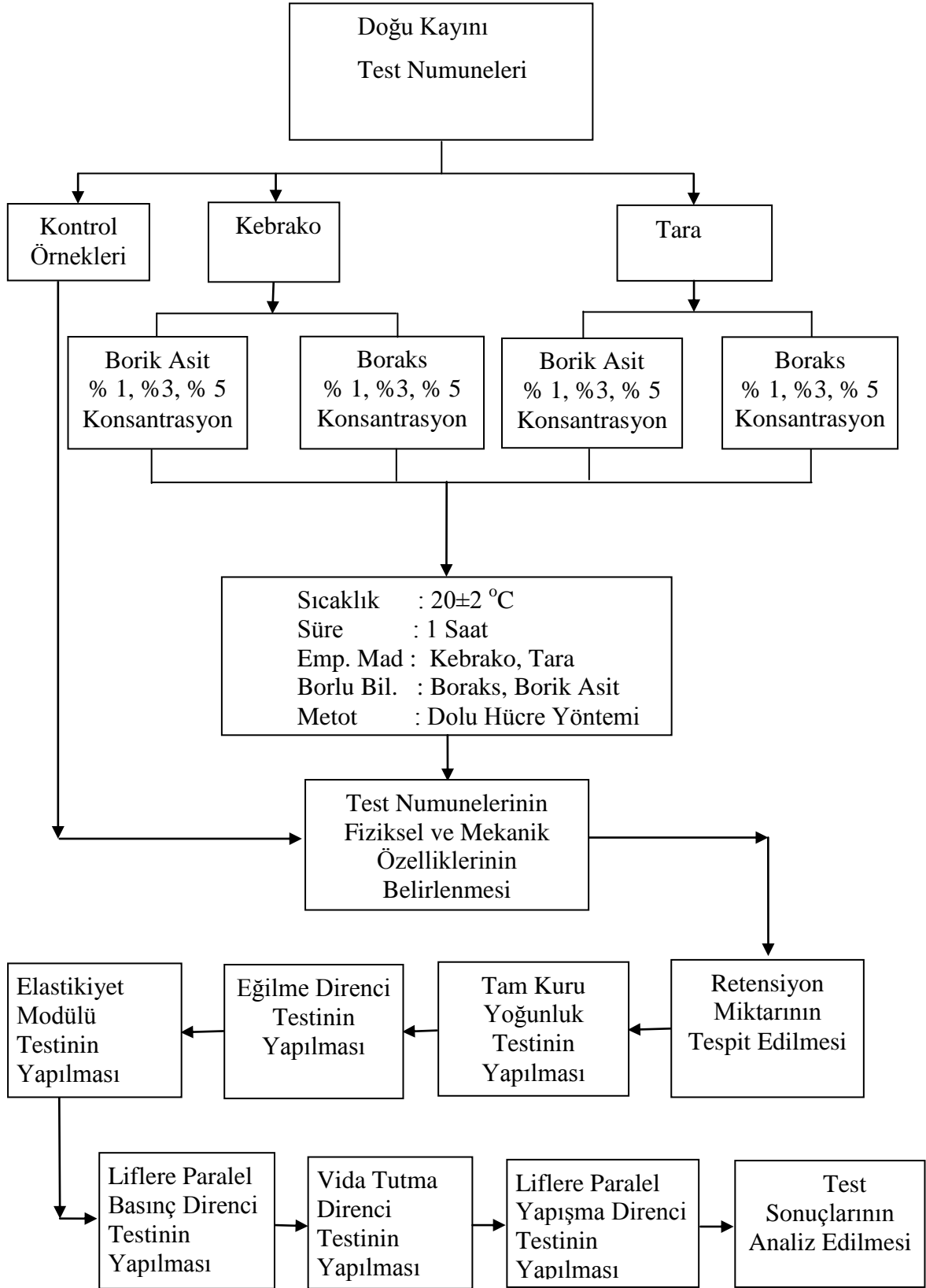
## **2.2. Metot**

### **2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması**

Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) örnekleri Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksekokulu Mobilya ve Dekorasyon Atölyesi'nde TS standartlarına uygun ölçülerde hazırlanmıştır. Her bir test için 10'ar adet olmak üzere kontrol örnekleri ile birlikte toplamda 840 adet deney örneği çalışmada kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Örneklerin hazırlandığı odunda herhangi bir kusur olmamasına dikkat edilerek ve lif yönü dikkate alınarak deney örnekleri hazırlanmıştır. Standartlara uygun olmayan veya kusurlu olan örnekler seçilerek çıkartılmıştır. Böylece örneklerden ve odun kusurlarından kaynaklanabilecek hataların önlenmesi amaçlanmıştır.

Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen test numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine ait izlenen iş akışı Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.





Şekil 2.1. Bazı tanenler ve Borlu Bileşikler İle Emprenye Edilen Kayın Örneklerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesindeki İş Akışı

### 2.2.2. Emprenye İşlemi

Bu tez çalışmasında emprenye çözeltisi olarak doğal emprenye maddelerinden kebrako ve tara ile borlu bileşiklerden boraks (B) ve borik asit (BA) karışımları kullanılmıştır. Emprenye işlemi için tara ve kebrako tanenleri kullanılarak öncelikle çözelti hazırlanmıştır. Çözelti; ağırlık miktarı esas alınarak % 5 mineral tanen maddesi suda çözülerek hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiye daha sonra yapılan emprenye işlemine uygun konsantrasyonda borlu bileşik eklenerek emprenye karışımı hazırlanmıştır. Borlu bileşiklerden boraks ve borik asit % 1, % 3 ve % 5'lik konsantrasyonlarda kullanılmıştır. Deneysel örneklerinin emprenye işlemi ASTM D 1413-76 esaslarına göre yapılmıştır. Çözelti ve işlem sıcaklığı tüm empenyeler için  $20 \pm 2$  °C olarak uygulanmıştır. Her test için hazırlanan deney örnekleri 10 adetlik gruplara ayrılarak Tablo 2.1'de görüldüğü gibi 12 farklı emprenye işlemi yapılmıştır. Emprenye işlemleri Şekil 2.3'de görülen Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksekokulunda bulunan emprenye düzeneğinde yapılmıştır.

Tablo 2.1'de yapılan emprenye işlemlerinin açıklamaları gösterilmiştir. Örneklerin retensiyon ve tam kuru yoğunluk tespiti için ağırlıkları değişmez hale gelene kadar ettüvide  $65$  °C'den  $105$  °C'ye kadar sıcaklık kademeli olarak yükseltip tam kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

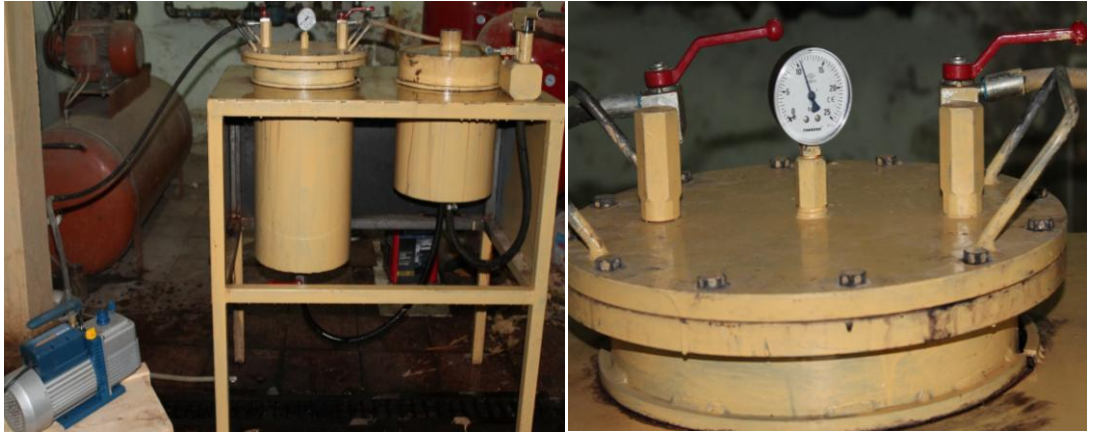
Tablo 2.0. Yapılan Emprenye İşlemlerinin Açıklaması

Emprenye İşlemi Sırası	Kullanılan Emprenye Maddesi
	Doğal Emprenye + Borlu Bileşik
1. Emprenye	% 5 Tara + % 1 Boraks
2. Emprenye	% 5 Tara + % 3 Boraks
3. Emprenye	% 5 Tara + % 5 Boraks
4. Emprenye	% 5 Tara + % 1 Borik asit
5. Emprenye	% 5 Tara + % 3 Borik asit
6. Emprenye	% 5 Tara + % 5 Borik asit
7. Emprenye	% 5 Kebrako + % 1 Borik asit
8. Emprenye	% 5 Kebrako + % 3 Borik asit
9. Emprenye	% 5 Kebrako + % 5 Borik asit
10. Emprenye	% 5 Kebrako + % 1 Boraks
11. Emprenye	% 5 Kebrako + % 3 Boraks
12. Emprenye	% 5 Kebrako + % 5 Boraks



Şekil 2.2. Deney Örneklerinin Emprenye Sonrası Görüntüsü

Bu tez çalışmasında her emprenye işleminde hazırlanan örnekler Şekil 2.3'deki emprenye düzeneğinde önce 30 dakika ön vakum, daha sonra 30 dakika süre ile 10 bar basınç altında emprenye işlemine tabi tutulmuştur. Deney örneklerinin emprenye düzeneğinden çıktıkları andaki görüntüleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Emprenye düzeneğinden çıkartılan örnekler kodlarına göre ayrıldıktan sonra  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve % 65 bağıl nemde bir hafta süre ile kondisyonlama için bekletilmiş ve % 12 denge rutubetine gelmeleri sağlanmıştır. Retensiyon ve tam kuru yoğunluk tespiti için emprenye sonrasında örnekler yine tam kuru hale getirilmiş ve gerekli ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır. Emprenyeli örneklerden sonra kontrol örneklerinin de deneyleri yapılarak sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.3. Emprenye İşlemlerinde Kullanılan Emprenye Düzeneği

Tablo 2.2'de görüldüğü gibi emprenye maddeleri için ayrı ayrı deney numuneleri hazırlanarak toplam 12 ayrı emprenye işlemi yapılmıştır. Emprenye işleminde ASTM D 1413 esaslarına uygun olarak dolu hücre metodu tercih edilmiştir.

Deney örneklerinin test edilmesi sürecinde; üniversal test cihazı (Zwick Z050), dijital kumpas, kurutma fırını, desikatör ve hassas terazi kullanılmıştır.

Tablo 2.2. Yapılan Emprenye Sayısı

Ağaç Türü	Doğal Emprenye Maddesi	Borlu Bileşikler	Konsantrasyon (%)	Yapılacak Emprenye Sayısı
Doğu Kayını	Tara Kebrako	Boraks	1	1x2x2x3=12
		Borik asit	3	
			5	

Su ile çözünen borlu emprenye maddeleri oda sıcaklığında en fazla % 6 oranında çözülebilmektedir. Bunun üzerindeki sulu konsantrasyonlar dışarıdan bir müdahale ile (çözücü suyun ısıtılması, vb.) sağlanabilmektedir. Ancak bu tür müdahaleler emprenye maddesinin kimyasal özelliklerini bozucu olumsuz etki yaparak istenilen sonucu vermeyebilir (Baysal ve ark., 2003). Bu nedenle tez çalışmasında borlu bileşiklerden, boraks (B) ve borik asitin (BA) % 1, 3 ve 5'lik sulu çözeltileri kullanılmıştır.

Emprenye işleminden önce tam kuru yoğunluk ve retensiyon tespiti yapılacak olan örneklerin ağırlıkları 0,01 g duyarlıklı analitik terazi ile tartıldıktan sonra  $103\pm 2$  °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa ulaşmıca kadar bekletilmiştir. Daha sonra içerisinde silisyum dioksit (silikajel) bulunan desikatörde soğutulurak tam kuru ağırlıkları  $\pm 0.01$  g duyarlıklı analitik terazi yardımıyla belirlenmiştir. Bu işlemlerde kullanılan etüv ve desikatör Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Deney örneklerinin kurutulmasında kullanılan desikatör ve etüv

### 2.2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan ahşap malzemelerin boyutları ve uygulanan deney standartları Tablo 2.3’de; test edilecek numune sayıları ise Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Numunelerinin Boyutları ve Standartları

Sıra No	Test Adı	Boyutlar (mm)	Standart
1	Retensiyon	20 x 20 x 30	ASTM D 1413-07
2	Tam Kuru Yoğunluk	20 x 20 x 30	TS2472

Tablo 2.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Numune Sayıları

Fiziksel Özellikler	Ağaç Türü	Doğal Emprenye Maddesi	Borlu Bileşikler	Konsantrasyon (%)	Numune Sayısı
Retensiyon	Doğu Kayını	Tara Kebrako	Boraks Borik asit	1	2x1x2x2x3x10=240
Tam Kuru				3	
Yoğunluk				5	

Literatürde yapılmış olan birçok çalışmada ağaç malzemenin mekanik özellikleri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Genel olarak ağaç malzemenin mekanik özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı sonuçların çıkmasının nedeni, kerestenin direnç ve elastik değerleri çok geniş bir alana yayılmasından kaynaklanır. Odun fiziksel ve mekanik özellikleri çeşitliliğe sahip olabilen doğal bir hammaddedir. Bu nedenle mekanik özelliklerde farklılıklar görülebilmektedir.

#### 2.2.3.1. Retensiyon Miktarı

Deney örneklerinin emprenyesi ASTM D 1413-07 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Deney örneklerinin retensiyon miktarı ( $R$ ,  $\text{kg/m}^3$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10^3 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2.1)$$

eşitliğe göre retensiyon miktarı ( kg/m<sup>3</sup> ) hesabı yapılmıştır (Bektaş, 1997).

Bu eşitlikte ;

$$G = T2 - T1$$

T1 ; Deney örneğinin emprenye öncesi ağırlığı (g)

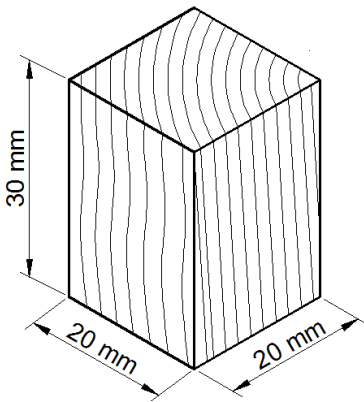
T2 ; Deney örneğinin emprenye sonrası ağırlığı (g)

V ; Örnek hacmi (cm<sup>3</sup>)

C ; Çözelti konsantrasyonu (%)

### 2.2.3.2. Tam Kuru Yoğunluğun Belirlenmesi

Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi deneyinde TS 2472 standardında belirtilmiş olan esaslar dikkate alınarak, standardına uygun olarak 20x20x30 mm ölçülerinde hazırlanan ahşap malzemeler etüve konularak sıcaklık kademeli olarak 50 °C, 75 °C ve 103 ± 2 °C'ye çıkarılarak örneklerin ağırlıkları değişmez duruma gelinceye kadar bekletilmiş ve örnekler tam kuru hale getirmiştir. Etüvden çıkartılan örnekler içerisinde silisyum dioksit (silikajel) olan desikatöre alınarak soğumaları sağlandıktan sonra ±0.01 g duyarlı analitik terazide tartılıp (M<sub>0</sub>) değeri ve ±0.01 mm duyarlıklıklı dijital kumpas ile boyutları belirlendikten sonra, hacimleri hesaplanarak (V<sub>0</sub>), tam kuru yoğunlukları (D<sub>0</sub>) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Bektaş, 1997). Tam kuru yoğunluğun belirlenmesinde kullanılan ahşap malzemenin boyutları Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Tam Kuru Yoğunluğun Belirlenmesinde Kullanılan Deney Numunesi

$$D_o = \frac{M_o}{V_o} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.2)$$

eşitliğe göre hesaplanacaktır.

Bu eşitlikte ;

$D_o$  ; Tam kuru rutubetteki yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)

$M_o$  ; Tam kuru rutubetteki örneğin ağırlığı (g)

$V_o$  ; Tam kuru rutubetteki örneğin hacmi (cm<sup>3</sup>)'dir.

#### 2.2.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan ahşap malzemelerin boyutları ve uygulanan deney metotları Tablo 2.5'te ve numune sayıları ise Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.5. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Numunelerinin Boyutları ve Standartları

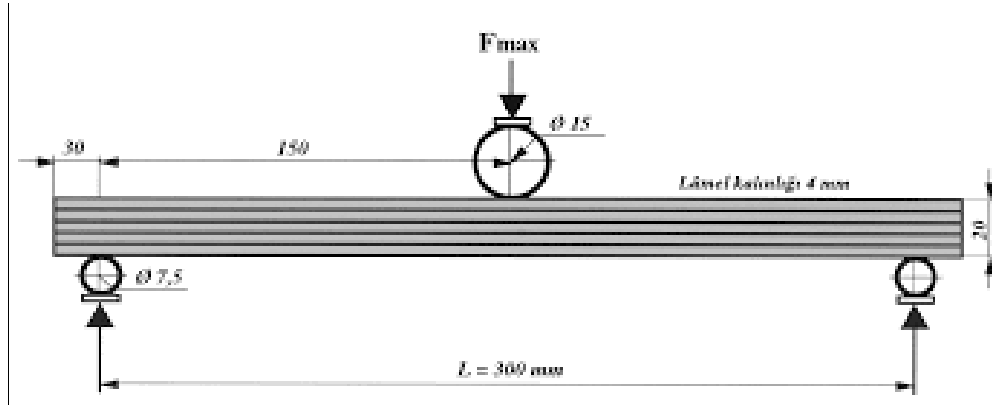
Sıra No	Test Adı	Boyutlar (mm)	Standart
1	Eğilme Direncinin Belirlenmesi	20 x 20 x 360	TS 247
2	Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi	20 x 20 x 360	TS 2478
3	Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi	20 x 20 x 30	TS 2595
4	Vida Tutma Direncinin Belirlenmesi	50 x 50 x 20	TS EN 13444
5	Liflere Paralel Yönde Yapışma Direnci	20 x 15 x 150	DIN 53225

Tablo 2.6. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Test Numune Sayıları

Mekanik Özellikler	Ağaç Türü	Doğal Emprenye Maddesi	Borlu Bileşikler	Konsantrasyon (%)	Numune Sayısı
Eğilme Direnci					
Elastikiyet Modülü				1	
Liflere Paralel Basınç D.	Doğu	Tara	Boraks	3	5x1x2x2x3x10= 600
Vida Tutma Direnci	Kayını	Kebrako	Borik asit	5	
Liflere Par. Yapışma D.					

### 2.2.4.1. Eğilme Direncinin Belirlenmesi

Eğilme direncinin belirlenmesi için TS 2474 (1976) standardında belirtilmiş olan esaslar dikkate alınarak standardına uygun olarak Şekil 2.6 'da görüldüğü gibi 20x20x360 mm ölçülerinde deney numuneleri hazırlanmıştır. Deney numunelerinin boyutları 0.01 mm duyarlıdaki dijital kumpas ile ölçülerek tespit edilmiştir. Deney parçasının yerleştirildiği silindirik dayanakların merkezleri arasındaki mesafe Şekil 2.6'da görüldüğü gibi deney parçasının kalınlığının 15 katı (15x20 mm = 300 mm) olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney parçasının yüzeyine değişmez sabit bir hızla yeknesak olarak yükleme yapılmıştır. Yükleme hızı 6 mm/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney hızı, deney parçalarına yükün yüklenmeye başlamasından 1.5 ± 0.5 dakika sonra deney parçası kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Kırılma anındaki kuvvet (P<sub>max</sub>) okunup eğilme direnci (σ<sub>E</sub>) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Bektaş, 1997).



Şekil 2.6. Eğilme direnci deneyinde deney numunesinin yerleştirilmesi (Kasal, 2010)

$$\sigma_E = \frac{3 \cdot P_{\max} \cdot I}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.3)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

Bu eşitlikte ;

P<sub>max</sub> ; Kırılma anında uygulanan yük (N)

I ; Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b ; Deney numunesinin yıllık halkalara dik yöndeki eni (mm)

h ; Deney numunesinin yıllık halkalara teğet yöndeki kalınlığı (mm)'dir.



Statik eğilme direncinin % 12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{b12} = \sigma_E \times \left[ 1 + \frac{\alpha}{W - 12} \right] (\text{N/mm}^2) \quad (2.4)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

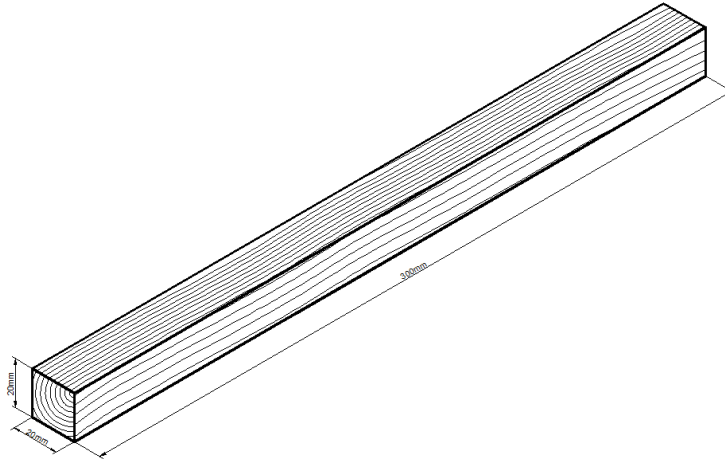
Bu eşitlikte ;

$\alpha$  ; 0.04 (rutubet miktarı için düzeltme faktörü)

$W$  ; TS 2471'e uygun olarak hesaplanmış odun rutubet miktarıdır.

#### 2.2.4.2. Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi

Bu adımda, oduna uygulanan düşük gerilmelerde meydana gelen şekil değişiminin, yük kaldırıldıktan sonra tamamen ortadan kalkması geri kazanılması özelliğini ortaya koyabilmek için elastikiyet modülü belirlenmiştir. Elastikiyet modülünün belirlenmesinde TS 2474 (1976)'de belirtilen ölçülerde 20x20x360 mm ölçülerinde Şekil 2.7.'de gösterilen deney numuneleri kullanılmıştır. Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı ( $\Delta F$ ) için örnekteki sehimler arasındaki fark ( $\Delta f$ ) yardımı ile elastiklik modülü ( $E$ ) aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Bektaş, 1997).



Şekil 2.7. Elastikiyet Modülünün Belirlenmesinde Kullanılan Deney Numunesi

$$E = \frac{\Delta \cdot F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} (\text{N/mm}^2) \quad (2.5)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

Bu eşitlikte ;

$\Delta F$  ; Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)

$L$  ; Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

$\Delta f$  ; Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehim sonuçlarının aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

$b$  ; Deney parçasının kesit genişliği (mm)

$h$  ; Deney parçasının kesit kalınlığı (mm)'dir.

Bu çalışmada yapılan mekanik testlerde kullanılan Universal test cihazı (Zwick Z050) Şekil 2.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Testlerde Kullanılan Üniversal Test Cihazı

Rutubetleri % 12'den farklı olan numunelerin % 12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$E_{12} = E \times \left[ 1 + \frac{\alpha}{W - 12} \right] (\text{N/mm}^2) \quad (2.6)$$

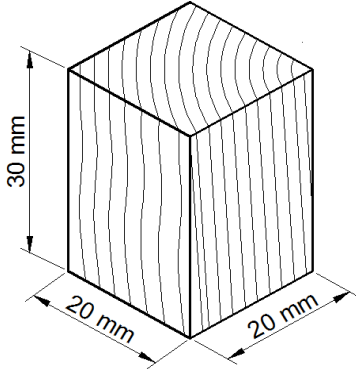
Bu eşitlikte ;

$\alpha$  ; 0.02 (rutubet miktarı için düzeltme faktörü)

$W$  ; TS 2471'e uygun olarak hesaplanan odun rutubet miktarıdır.

### 2.2.4.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direncinin tespiti için TS 2595 (1976) esas alınmıştır. Şekil 2.9.'da görüldüğü gibi ahşap malzemeden 20x20x30 mm boyutlarında kontrol ve deney örnekleri hazırlanmıştır. Deneyden öncesinde, kuvvetin uygulanacağı enine kesit alanı 0.01 mm duyarlıkta (axb) ölçülüp, kırılma anındaki maksimum kuvvet (Pmax) belirlenerek, basınç direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Bektaş, 1997).



Şekil 2.9. Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Numunesi

$$\sigma_{w//} = \frac{P_{MAX}}{a \cdot b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

Bu eşitlikte ;

$\sigma_{w//}$  ; Liflere paralel basınç direnci (N/mm<sup>2</sup>)

Pmax ; En büyük yük ( N)

a ve b ; Deney parçasının en kesitsel boyutları (mm<sup>2</sup>)'dır.

Basınç dayanımının % 12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde bu değer aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{12} = \sigma_w \times \left[ 1 + \frac{\alpha}{W - 12} \right] \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.8)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

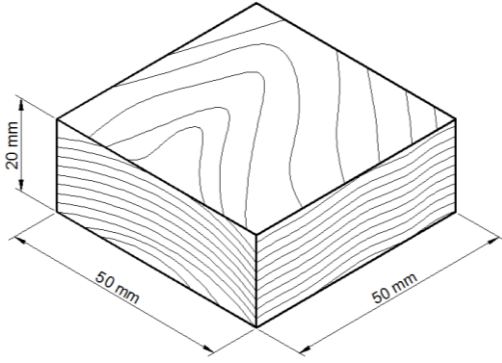
Bu eşitlikte ;

$\alpha$  ; 0.05 (rutubet miktarı için düzeltme faktörü)

W ; TS 2471'e uygun olarak hesaplanmış odun rutubet miktarıdır.

#### 2.2.4.4. Vida Tutma Direnci

Vida tutma direncinin tayini için TS EN 13446 esas alınmıştır. Şekil 2.10'da görüldüğü gibi kontrol ve deney örneklerinden 50x50x20 mm boyutlarında ahşap malzemeler hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örneklerinin enine kesitlerinin orta noktası belirlenerek 35 mm'lik vidaların 2/3'lük kısmı ahşaba girecek şekilde vidalar yerleştirilmiştir. Bu çalışmada mobilya sanayisinde sıklıkla tercih edilen ve TS 431'de belirtilen esaslara göre 3.5x50 mm boyutlarında, düşük karbon çelikli, düz havşa başlı, yıldız yarıklı, helisel dişli, vida kullanılmıştır. Deney parçalarının kalınlığını ve girme derinliği EN 325'e göre  $\pm 0.1$ mm duyarlıkta ölçülerek belirlenmiştir. Şekil 2.11'de vida tutma deneyi yapılmış olan örneklerin deney sonrasındaki görüntüleri görülmektedir (O.Perçin, S.Ayan.2012).



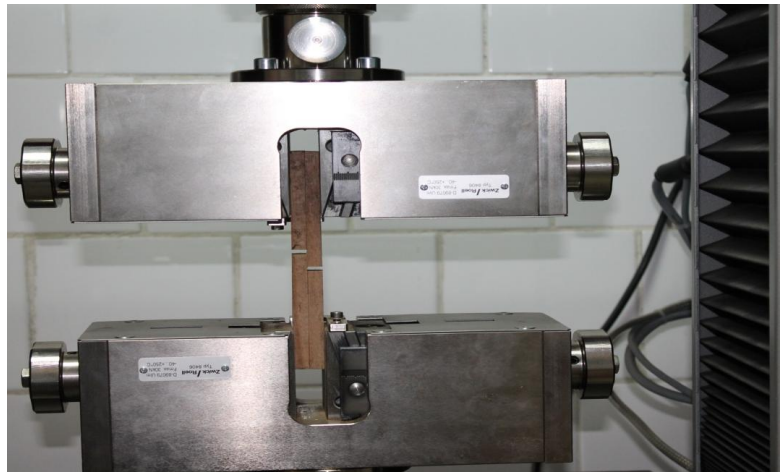
Şekil 2.10. Vida Tutma Direncinin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Numunesi



Şekil 2.11. Vida tutma deneyinden sonra örneklerin görüntüsü

#### 2.2.4.5. Liflere Paralel Yapışma Direnci

Liflere paralel yapışma direncinin belirlenmesi için TS EN 205 esas alınmıştır. Şekil 2.12’de liflere paralel yapışma deneyinin yapılışı gösterilmiştir. Şekil 2.13’de görüldüğü gibi kontrol ve deney örnekleri 20x15x150 mm boyutlarında ahşap malzemelerden hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin enine kesitine homojen ve örnekleri 1.5-2 dakika çekecek şekilde sabit bir çekme kuvveti uygulanmıştır. Kuvvet uygulaması örnek kopuncaya kadar devam ettirilerek kopma anındaki maksimum kuvvet (F) belirlenmiştir. Yapışma direnci ( $\sigma_Y$ ) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Uysal, B. ve Kurt, Ş. 2005).



Şekil 2.12. Liflere paralel yapışma deneyi

$$\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{F}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.9)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

Bu eşitlikte ;

$\sigma_y$  ; Yapışma direnci (N/ mm<sup>2</sup>)

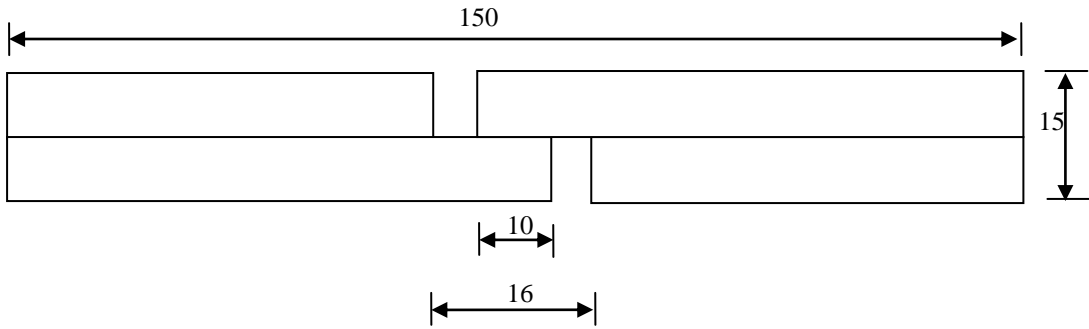
F ; Kopma anındaki kuvvet (N)

A ; Yapışma alanı (mm<sup>2</sup>)

b ; Yapışma yüzeyinin genişliği (mm)

a ; Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)'dur.

Liflere paralel yapışma direncinin belirlenmesinde kullanılan deney örneklerinin mm cinsinden ölçüleri Şekil 2.13'de verilmiştir.



Şekil 2.13. Liflere Paralel Yapışma Direncinin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Numunesi

### 2.2.5. İstatistiksel Analizler

Yapılan testler sonucunda elde edilen veriler Excel programında kaydedilmiştir. Her test için aritmetik ortalamalar, standart sapmalar ve varyasyon katsayıları hesaplanmış ve ilgili çizelgelerde gösterilmiştir. Daha sonra elde edilen bulguların istatistiksel analizleri yapılmıştır. Bulguların çoklu varyans analizleri SAS programı kullanılarak tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre, ortalamaların karşılaştırılması ise çoklu karşılaştırma (Post-Hoc) testlerinden en küçük anlamlı fark (LSD) testi ile yapılmıştır (SAS Inst.,1989).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

##### 3.1.1. Retensiyon Miktarı

Deney örneklerinin retensiyon miktarının belirlenmesine ilişkin istatistiksel bilgilerden yapılan varyans analizi Tablo 3.1'de, en küçük önemli fark (LSD) Tablo 3.2'de, ortalama retensiyon değerleri Tablo 3.3'de ve sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; doğal empenye maddeleri ve borlu bileşikler ile empenye edilen doğu kayını numunelerinin, retensiyon miktarının belirlenmesi ile doğal empenye maddeleri, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu arasında % 1 önem düzeyinde fark bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Doğru kayını odununun retensiyon miktarının belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	69439.57	69439.57	577.39*
Borlu Bileşikler	1	32462.76	32462.76	269.93*
Çözelti konsantrasyonu	2	203158.99	101579.49	844.63*
em*bb	1	6034.30	6034.30	50.18*
em*k	2	40267.76	20133.88	167.41*
bb*k	2	4324.57	2162.29	17.98*
em*bb*k	2	2460.24	1230.12	10.23*
Hata	108	12988.57	120.26	
Toplam	119	371136.76		

\*, %1 düzeyinde önemli

Tablo 3.2'de görüldüğü gibi, en yüksek retensiyon değeri doğal empenye maddelerinde kebrakoda  $83.17 \text{ kg/m}^3$ , borlu bileşiklerde boraksta  $75.56 \text{ kg/m}^3$ , çözelti konsantrasyonlarında ise % 5 konsantrasyonda  $113.82 \text{ kg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. En

düşük retensiyon değeri ise, doğal empenye maddelerinde tara ile empenyede 35.06 kg/m<sup>3</sup>, borlu bileşiklerde borik asit ile 42.67 kg/m<sup>3</sup> ve çözelti konsantrasyonlarında ise % 1 konsantrasyonda empenye edilen örneklerde 14.59 kg/m<sup>3</sup> elde edilmiştir.

Tablo 3.2. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin retensiyon miktarı değişim oranına ait LSD testi sonuçları (kg/m<sup>3</sup>)

Faktör		X <sub>ort</sub>
Emprenye Maddesi	Tara	35.06 b
	Kebrako	83.17 a
LSD: ±3.9687		
Borlu Bileşikler	Boraks	75.56 a
	Borik Asit	42.67 b
LSD: ±3.9687		
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	14.59 c
	% 3	48.94 b
	% 5	113.82 a
LSD: ± 4,8607		

Tablo 3.3'de görüldüğü gibi, deney örneklerinde hava kuru haldeki (% 12) ortalama retensiyon değeri en yüksek kebrako ve % 5 boraks çözeltisi ile empenye edilen örneklerde 198.73 kg/m<sup>3</sup>; en düşük değer ise kebrako ve % 1 borik asit ile empenye edilen örneklerde 6.99 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Yapılan tüm empenye işlemlerinde borlu bileşik konsantrasyonu arttıkça retensiyon değerinin de arttığı tespit edilmiştir. Doğal empenye maddelerinden tarada en yüksek retensiyon değeri 79.30 kg/m<sup>3</sup> olarak %5 boraks + tara karışımı ile, en düşük retensiyon değeri ise 8.02 kg/m<sup>3</sup> olarak % 1 borik asit + tara karışımında bulunmuştur (Tablo 3.3).

Doğal empenye maddelerinden kebrako ile empenye edilen örneklerin retensiyon değerlerinin taradan yüksek çıktığı görülmüştür. Doğal empenye maddelerinden kebrako ile yapılan empenyelerde en yüksek retensiyon değeri 198.73 kg/m<sup>3</sup> ile kebrako + % 5 boraks karışımında, en düşük retensiyon değeri ise 6.99 kg/m<sup>3</sup> ile kebrako + % 1 borik asit karışımı ile empenye edilen kayın örneklerinde tespit edilmiştir (Tablo 3.3).

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile empenye edilen kayın örneklerinin retensiyon değerlerinin, borlu bileşiklerin konsantrasyonları ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir (Tablo 3.3).



Tablo 3.3. Doğu kayını odunun ortalama retensiyon değerleri (kg/m<sup>3</sup>)

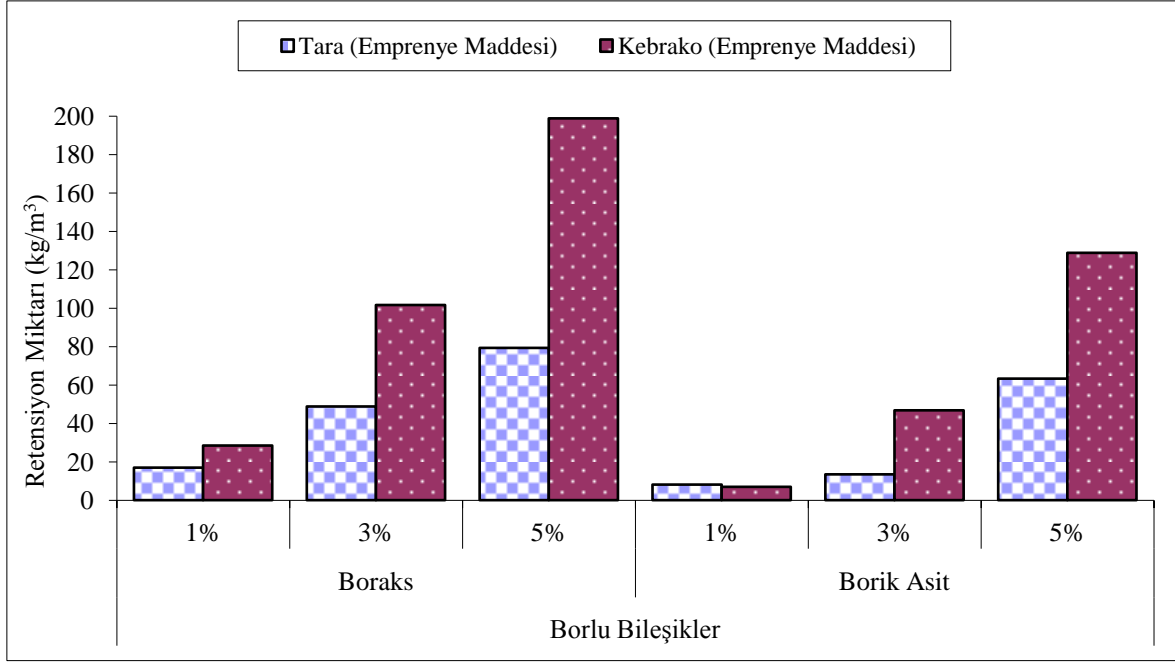
Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		1 %	3 %	5 %	1 %	3 %	5 %
Tara	x	17.00	48.76	79.30	8.02	13.45	63.20
	Sx	1.40	4.17	8.10	1.48	7.11	4.34
	v	0.08	0.09	0.10	0.18	0.53	0.07
Kebrako	x	28.37	101.61	198.73	6.99	46.74	128.81
	Sx	1.53	6.84	10.08	0.77	3.59	7.60
	v	0.05	0.07	0.05	0.11	0.08	0.06

İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

Toker (2007) yaptığı çalışmada Doğu kayını odunlarını çeşitli konsantrasyonlardaki boraks ve borik asit ile emprenye etmiştir. Retensiyon miktarlarını; % 1 konsantrasyondaki borik asit ile 4.95 kg/m<sup>3</sup>, % 3 borik asit ile 13.86 kg/m<sup>3</sup>, % 5 borik asit ile 26.69 kg/m<sup>3</sup>, % 1 boraks ile 5.03 kg/m<sup>3</sup>, % 3 boraks ile 15.20 kg/m<sup>3</sup>, % 5 boraks ile 25.22 kg/m<sup>3</sup> olarak tespit etmiştir. Yapılan bu çalışmada da borlu bileşik konsantrasyonu ile retensiyon miktarı doğru orantılı olarak artmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışma ile uyumludur.

Peker (1999) yaptığı çalışmada doğu kayını odunlarını borlu bileşikler, fosforlu bileşikler, amonyumlu bileşikler ve organik çözücü maddelerle emprenye ederek, retensiyon miktarının (boraks+borik asit) karışımı ile emprenye edilen deney örneklerinde 10.57 kg/m<sup>3</sup> olduğunu belirlemiştir.

Yaşar (2014) yaptığı çalışmada doğal emprenye maddeleri ile emprenye edilen deney örneklerinde en yüksek retensiyon değerini meşe palamuduyla emprenye edilen sapsız meşede 15.41 kg/m<sup>3</sup> ve en düşük retensiyon değerini ise çam taneni ile emprenye edilen sarıçamda ve Toros sedirinde 10.95 kg/m<sup>3</sup> olarak bulmuştur.



Şekil 3.1. Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun retensiyon miktarı ortalama değerleri (kg/m<sup>3</sup>)

Doğal emprenye maddelerinden kebrako ile emprenye edilen kayın örneklerinin retensiyon değerleri taradan daha yüksek iken, borlu bileşiklerden de boraks ile emprenye edilen örneklerin retensiyon değerlerinin borik asitten yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.1). Tüm emprenye işlemlerinde borlu bileşiklerin konsantrasyonu arttıkça retensiyon değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek retensiyon değerleri % 5 konsantrasyonda, en düşük retensiyon değerleri ise % 1 konsantrasyonda elde edilmiştir (Şekil 3.1).

### 3.1.2. Tam Kuru Yoğunluk

Tam kuru yoğunluğun belirlenmesine ilişkin istatistiksel çalışmalardan varyans analizi Tablo 3.4'de, LSD testi sonuçları Tablo 3.5'de, ortalama tam kuru yoğunluk değerleri Tablo 3.6'da ve sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın örneklerinde, emprenye maddesi ve tam kuru yoğunluk değeri arasında % 1 önem düzeyinde; borlu bileşikler ile tam kuru yoğunluk değeri arasında ise % 5 önem düzeyinde ile fark bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Doğu kayını odunun ortalama tam kuru yoğunluk miktarlarına ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	0.0124	0.0124	10.35*
Borlu Bileşikler	1	0.0064	0.0064	5.39**
Çözelti konsantrasyonu	2	0.0027	0.0014	1.14
em*bb	1	0.0000003	0.000003	0.00
em*k	2	0.0005	0.0002	0.20
bb*k	2	0.0066	0.0033	2.74
em*bb*k	2	0.0006	0.0003	0.24
Hata	108	0.1294	0.0012	
Toplam	119			

\*\* , % 5 düzeyinde önemli ve \* , %1 düzeyinde önemli

Buna göre; tam kuru yoğunluk düzeyindeki değişimde emprenye maddesi ve borlu bileşikler istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Yapılan LSD testi sonuçları Tablo 3.5'de verilmiştir.

Buna göre; en yüksek tam kuru yoğunluk değeri, doğal emprenye maddelerinden kebrako ile emprenye edilen örneklerde  $0.55 \text{ g/cm}^3$ , borlu bileşiklerde boraksta  $0.55 \text{ g/cm}^3$  ve çözelti konsantrasyonlarında % 3 ve % 5 konsantrasyonlarda emprenye edilen örneklerde  $0.54 \text{ g/cm}^3$  olarak tespit edilmiştir. En düşük tam kuru yoğunluk değeri ise, doğal emprenye maddelerinde tara ile emprenye edilen örneklerde  $0.53 \text{ g/cm}^3$ , borlu bileşiklerde borik asitte  $0.53 \text{ g/cm}^3$  ve çözelti konsantrasyonlarında % 1 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde  $0.53 \text{ g/cm}^3$  olarak elde edilmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin tam kuru yoğunluk değişim oranına ait LSD testi sonuçları ( $\text{g/cm}^3$ )

Faktör		$X_{\text{ort}}$
Emprenye Maddesi	Tara	0.53 b
	Kebrako	0.55 a
LSD: $\pm 0.0125$		
Borlu Bileşikler	Boraks	0.55 a
	Borik Asit	0.53 b
LSD: $\pm 0.0125$		
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	0.53 a
	% 3	0.54 a
	% 5	0.54 a
LSD: $\pm 0.0153$		

Tablo 3.6'da görüldüğü gibi, emprenye sonrasında deney örneklerinde tam kuru haldeki ortalama yoğunluk değeri en yüksek  $0.56 \text{ g/cm}^3$  ve en düşük ise  $0.53 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir.

Doğal emprenye maddelerinden tara ile emprenye edilen deney örneklerinde tam kuru haldeki yoğunluk değeri en yüksek % 3 ve % 5 boraks karışımı ile yapılan emprenyede  $0.56 \text{ g/cm}^3$  ve en düşük değer ise % 1 ve % 3 borik asit ile emprenye edilen örneklerde  $0.53 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.6).

Doğal emprenye maddelerinden kebrako ile emprenye edilen deney örneklerinde ise; tam kuru haldeki yoğunluk değeri en yüksek % 5 boraks ve % 5 borik asit karışımı ile yapılan emprenyede  $0.56 \text{ g/cm}^3$ ; en düşük tam kuru yoğunluk değeri ise % 1 borik asit ile emprenye edilen örneklerde  $0.54 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur. Kontrol numunelerinde ise tam kuru haldeki yoğunluk değeri  $0.53 \text{ g/cm}^3$  olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.6).

Borlu bileşiklerden borik asit çözeltileri ile emprenye edilen örneklerin tam kuru yoğunluk değerlerinin boraks çözeltileri ile emprenye edilenlerden daha düşük oldukları görülmektedir. Emprenye çözeltilisinde borlu bileşik konsantrasyonu arttıkça tam kuru yoğunluk değerlerinin de arttığı tespit edilmiş olup bu sonuç literatürle uyumludur (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Doğu kayını odunun ortalama tam kuru yoğunluk değerleri (g/cm<sup>3</sup>)

Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		% 1	% 3	% 5	% 1	% 3	% 5
Tara	x	0.54	0.56	0.56	0.53	0.53	0.54
	Sx	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03
	v	0.03	0.07	0.05	0.07	0.04	0.06
Kebrako	x	0.55	0.55	0.56	0.54	0.55	0.56
	Sx	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01
	v	0.05	0.06	0.03	0.06	0.04	0.02
Kontrol	x			0.53			
	Sx			0.03			
	v			0.05			

İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

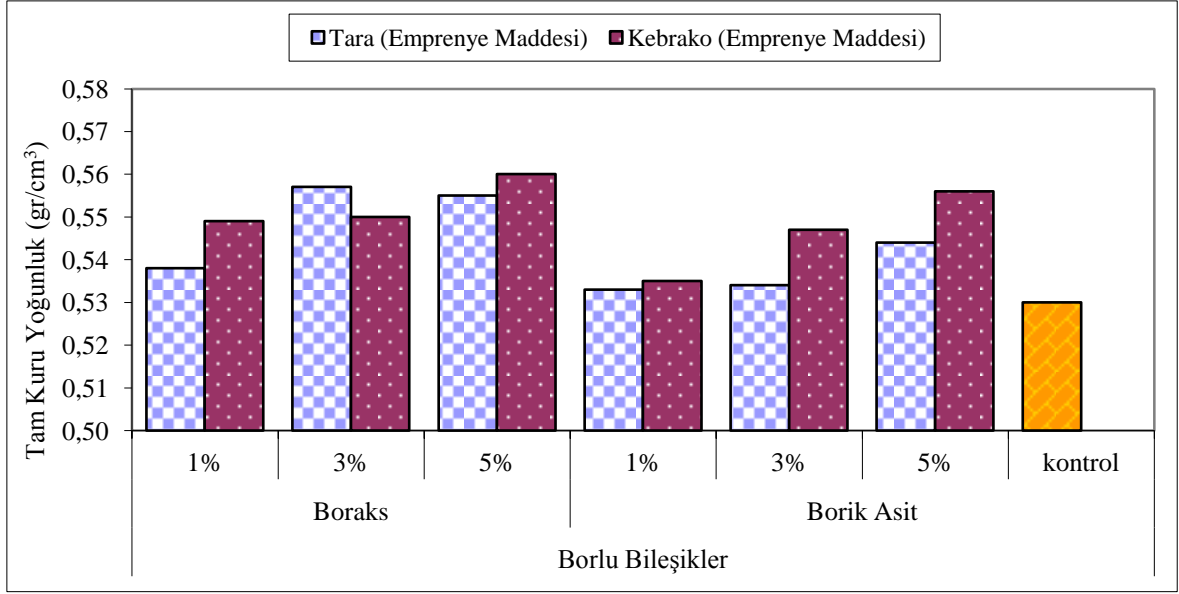
Literatürde yapılan çalışmalarda kayın türlerinin yoğunlukları türlere göre sırasıyla: *Fagus orientalis* (Tokat) 0.589 g/cm<sup>3</sup>, *Fagus orientalis* (İran) 0.632 g/cm<sup>3</sup>, *Fagus orientalis* (Sinop) 0.633 g/cm<sup>3</sup>, *Fagus orientalis* (Andırın) 0.637 g/cm<sup>3</sup>, *Fagus orientalis* (Karadeniz) 0.640 g/cm<sup>3</sup>, *Fagus orientalis* (Avrupa) 0.669 g/cm<sup>3</sup> (Güler ve Bektaş, 2000).

Toker (2007) yaptığı çalışmada kayın odunlarını boraks ile emprenye ettikten sonra tam kuru yoğunluk değerini ortalama 0.65 g/cm<sup>3</sup>, borik asit ile emprenye sonrasında ortalama tam kuru yoğunluk değerini 0.64 g/cm<sup>3</sup> olarak bulmuştur. Aynı çalışmada emprenyesiz kontrol örneklerinin tam kuru yoğunluk değeri ise 0.49 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Emprenye sonrası tam kuru yoğunluk değerlerinde artış olduğunu belirlemiştir.

Dünya'daki kayın türleri üzerinde yapılan araştırmalarda yoğunluk sınıflarına göre hava kurusu yoğunluk değerleri 0.50 – 0.69 g/cm<sup>3</sup> arasında olup, kayının orta yoğunluktaki ağaçlar grubuna girdiği belirtilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1990).

Bu tez çalışmasında elde ettiğimiz tam kuru yoğunluk bulgularının literatürdeki çalışmalara yakın değerler çıktığı belirlenmiştir. Tam kuru yoğunluk miktarının yüksek yada düşük çıkması, kullanılan materyallerin farklı olmasından kaynaklanabilmektedir.

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilmiş deney örneklerin tam kuru yoğunluk miktarlarına ilişkin grafikleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun tam kuru yoğunluk ortalama değerleri (g/cm<sup>3</sup>)

Bazı tanenler ve borlu bileşik karışımları ile emprenye edilen kayın örneklerin tam kuru yoğunluk değerleri emprenyesiz kontrol örneklerinden daha yüksek tespit edilmiştir. En yüksek tam kuru yoğunluk değeri tara ve kebrakonun % 5 boraks karışımı ile emprenye edilen örneklerde 0.56 g/cm<sup>3</sup> tespit edilmiştir. En düşük tam kuru yoğunluk değeri ise 0.53 g/cm<sup>3</sup> ile % 1 borik asit + tara çözeltisi ile muamele edilen örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 3.2).

### 3.2. Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular

#### 3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci ile ilgili yapılan varyans analizi Tablo 3.7'de, LSD testi sonuçları Tablo 3.8'de, ortalama eğilme direnci değerleri Tablo 3.9'da ve sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; liflere dik eğilme direncindeki değişimde emprenye maddesi\*konsantrasyon, emprenye maddesi\*borlu bileşikler\*konsantrasyon ile eğilme direnci arasında % 1 önem düzeyinde, çözelti konsantrasyonu ile eğilme direnci arasında ise % 5 önem düzeyinde fark bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Doğu kayını odununun ortalama eğilme direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	187.50	187.50	1.38
Borlu Bileşikler	1	360.53	360.53	2.65
Çözelti konsantrasyonu	2	1069.80	534.90	3.94**
em*bb	1	360.53	360.53	2.65
em*k	2	1957.40	978.70	7.21*
bb*k	2	120.87	60.43	0.44
em*bb*k	2	4280.07	2140.03	15.76*
Hata	108	14669.00	135.82	
Toplam	119	23005.70		

\*\* , % 5 düzeyinde önemli ve \* , %1 düzeyinde önemli

Liflere dik eğilme direnci değişim oranına ait LSD testi sonuçları Tablo 3.8'de gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere; en yüksek eğilme direnci değişimi, emprenye maddesi bakımından tara ile emprenye edilen örneklerde  $77.30 \text{ N/mm}^2$ , borlu bileşikler bakımından boraksta  $77.78 \text{ N/mm}^2$  ve çözelti konsantrasyonu bakımından % 5 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde  $78.80 \text{ N/mm}^2$  olarak elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci değişimi ise, emprenye maddesi bakımından kebrako ile emprenye edilen örneklerde  $74.80 \text{ N/mm}^2$ , borlu bileşikler bakımından borik asitte  $74.32 \text{ N/mm}^2$  ve çözelti konsantrasyonu bakımından % 1 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde  $71.90 \text{ N/mm}^2$  olarak elde edilmiştir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin eğilme direnci değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Faktör		X <sub>ort</sub>
Emprenye Maddesi	Tara	77.30 a
	Kebrako	74.80 a
LSD: ±4.2176		
Borlu Bileşikler	Boraks	77.78 a
	Borik Asit	74.32 a
LSD: ±4.2176		
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	71.90 b
	% 3	77.45 a
	% 5	78.80 a
LSD: ± 5.1655		

Emprenye edilen deney örneklerinde hava kurusu haldeki (%12) eğilme direnci en yüksek tara ve % 1 boraks çözeltisi ile emprenye edilen örneklerde 85.02 N/mm<sup>2</sup> ve en düşük ise kebrako ve % 5 borik asit çözeltisi ile emprenye edilen örneklerde 70.82 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 3.9).

Kontrol örneklerinde ise hava kurusu haldeki (% 12) liflere dik eğilme direnci değeri 106 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşik karışımı ile emprenye edilen kayın örneklerinin liflere dik eğilme dirençlerinin kontrol örneklerinden düşük çıktığı tespit edilmiştir (Tablo 3.9).



Tablo 3.9. Doğu kayını odunun ortalama liflere dik eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		% 1	% 3	% 5	% 1	% 3	% 5
Tara	x	85.02	82.95	75.38	82.79	75.35	75.21
	Sx	14.03	5.78	5.97	9.64	5.27	6.69
	v	0.17	0.07	0.08	0.12	0.07	0.09
Kebrako	x	74.95	73.93	73.26	73.25	72.78	70.82
	Sx	6.51	4.76	3.13	6.13	2.89	4.92
	v	0.09	0.06	0.04	0.08	0.04	0.07
Kontrol	x	106					
	Sx	15.5					
	v	0.15					

İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

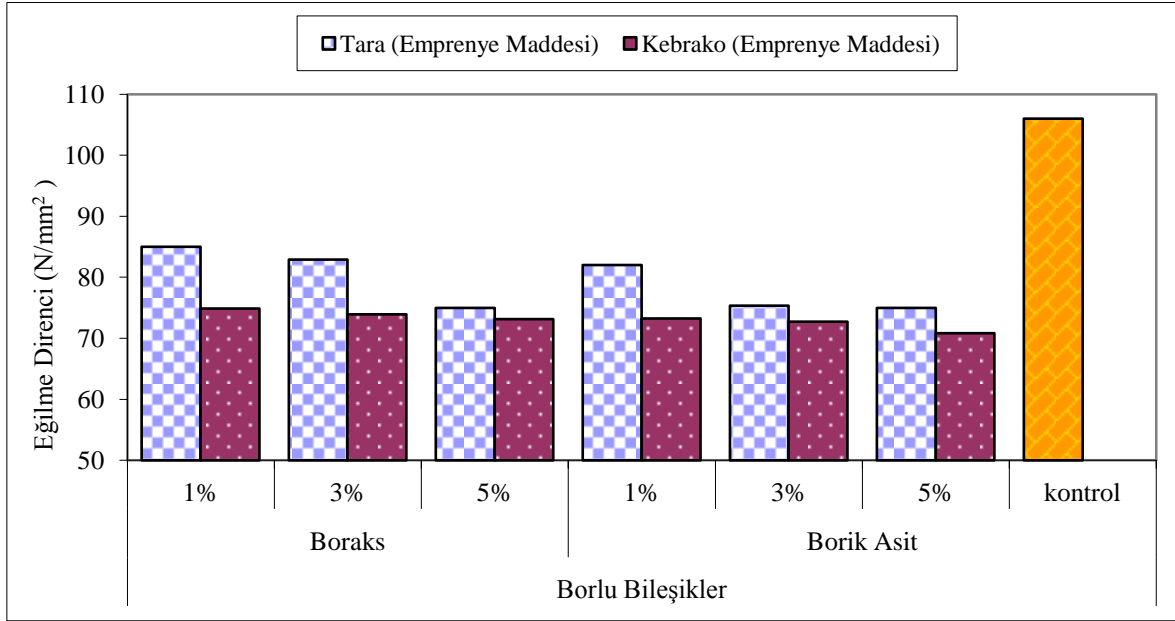
Literatürde yapılan çalışmalarda kayın odununun statik eğilme direnci değerleri: *Fagus orientalis* (Sinop) 87.00 N/mm<sup>2</sup> (Güler ve Bektaş, 2000), 96.04 N/mm<sup>2</sup> (Erdinler, 1999), 112.30 N/mm<sup>2</sup> (Malkoçoğlu, 1994), 120.00 N/mm<sup>2</sup> (Bozkurt ve Erdin, 2000), *Fagus orientalis* (Andırın) 120.10 N/mm<sup>2</sup>, *Fagus orientalis* (Tokat) 105.20 N/mm<sup>2</sup>, *Fagus orientalis* (Avrupa) 123.00 N/mm<sup>2</sup> (Güler ve Bektaş, 2000) olarak tespit edilmiştir.

Literatürde, doğu kayını odununun eğilme direnci yapılan çalışmalarda 100 ila 150 N/mm<sup>2</sup> arasında değişmekte olup ortalama değer yaklaşık 120 N/mm<sup>2</sup> civarındadır (H.Keskin, A.Togay 2003). Bu çalışmada emprenyesiz kontrol örneklerinin eğilme direnci 106 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu değer literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Peker ve diğerleri (1999) yaptıkları çalışmada, borik asit + boraks emprenyesinden sonra yapılan ISO (sıcak katılma işlemi), eğilme direncinin iyileştirilmesi bakımından en uygun sonucu vermiştir. Yüksek alkali özelliği gösteren boraksın tek başına kullanıldığı emprenyede eğilme direnci değişmediği, nötre yakın ve asidik özellikteki borik asit ve borik asit + boraksın eğilme direncini azalttığı ve bu bakımdan sarıçam odunundan farklı davranış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Toker (2007) yaptığı çalışmada boraks ve borik asitin farklı konsantrasyonları ile kayın odununu emprenye etmiş ve eğilme direncinin çözelti konsantrasyonu arttıkça düşüş gösterdiğini tespit etmiştir. Emprenyesiz kontrol örneklerinde ortalama eğilme direnci 101 N/mm<sup>2</sup> iken boraks çözeltisi ile emprenye edilen örneklerde ortalama 89.34 N/mm<sup>2</sup> ve borik asit çözeltisi ile emprenye edilen örneklerde ortalama liflere dik eğilme direnci 88

$N/mm^2$  olarak bulunmuştur. Eğilme direncine ilişkin değerlerin düşük veya yüksek çıkması, kullanılan materyallerin farklı olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.



Şekil 3.3. Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun eğilme direnci ortalama değerleri ( $N/mm^2$ )

Emprenye edilmiş kayın örnekleri ve kontrol örneklerinin liflere dik eğilme direncinin tespitine ilişkin grafik Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi emprenye edilen kayın örneklerinin liflere dik eğilme direnci kontrol örneklerinden daha düşük bulunmuştur.

### 3.2.2. Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülünün belirlenmesine ilişkin istatistiksel değerlendirmelerden yapılan varyans analizi Tablo 3.10'da, LSD testi sonuçları Tablo 3.11'de, ortalama elastikiyet modülü değerleri Tablo 3.12'de, sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.10'a göre; elastikiyet modülü değişiminde emprenye maddesi\*borlu bileşikler % 5 önem düzeyinde önemli çıkmıştır.

Tablo 3.10. Doğu kayını odununun ortalama elastikiyet modülünün belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	496653.3	496653.3	0.25
Borlu Bileşikler	1	5108813.3	5108813.3	2.54
Çözelti konsantrasyonu	2	6466640.0	3233320.0	1.61
em*bb	1	10525763.3	10525763.3	5.24**
em*k	2	2042006.7	1021003.3	0.51
bb*k	2	2829886.7	1414943.3	0.70
em*bb*k	2	3302246.7	1651123.3	0.82
Hata	108	216878720.0	2008136.3	
Toplam	119	247650730.0		

\*\* , % 5 düzeyinde önemli

Yapılan LSD testi sonuçları Tablo 3.11’de verilmiştir. Buna göre; en yüksek elastikiyet modülü değerleri, doğal emprenye maddeleri tara ve kebrako ile emprenye edilen örneklerde 9058 MPa ile tarada, borlu bileşiklerde 91200 MPa ile boraksta ve çözelti konsantrasyonunda ise 9257 MPa ile %5 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir. En düşük elastikiyet modülü değerleri ise, doğal emprenye maddelerinde kebrako ile emprenye edilen örneklerde 8929 MPa, borlu bileşiklerde 8787 MPa ile borik asitte ve çözelti konsantrasyonunda ise 8692 MPa ile % 1 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde tespit edilmiştir. Elastikiyet modülünün tespitine ilişkin değerlerin düşük veya yüksek çıkması, kullanılan materyallerin farklı olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin elastikiyet modülünün değişim oranına ait LSD testi sonuçları (MPa)

Faktör		$X_{ort}$
Emprenye Maddesi	Tara	9058 a
	Kebrako	8929 a
		LSD: $\pm 512.83$
Borlu Bileşikler	Boraks	9200 a
	Borik Asit	8787 a
		LSD: $\pm 512.83$
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	8692 a
	% 3	9030 a
	% 5	9257 a
		LSD: $\pm 628.09$

Emprenye edilen deney örneklerinde hava kuru haldeki (% 12) elastikiyet modülü en yüksek tara ve % 1 boraks çözeltisi ile emprenye edilen örneklerde 9896 MPa ve en düşük değer ise kebrako ve % 5 borik asit ile emprenye edilen örneklerde 8317 MPa olarak bulunmuştur. Kontrol numunelerinde ise hava kuru haldeki elastikiyet modülü değeri 10400 MPa olarak bulunmuştur (Tablo 3.12).

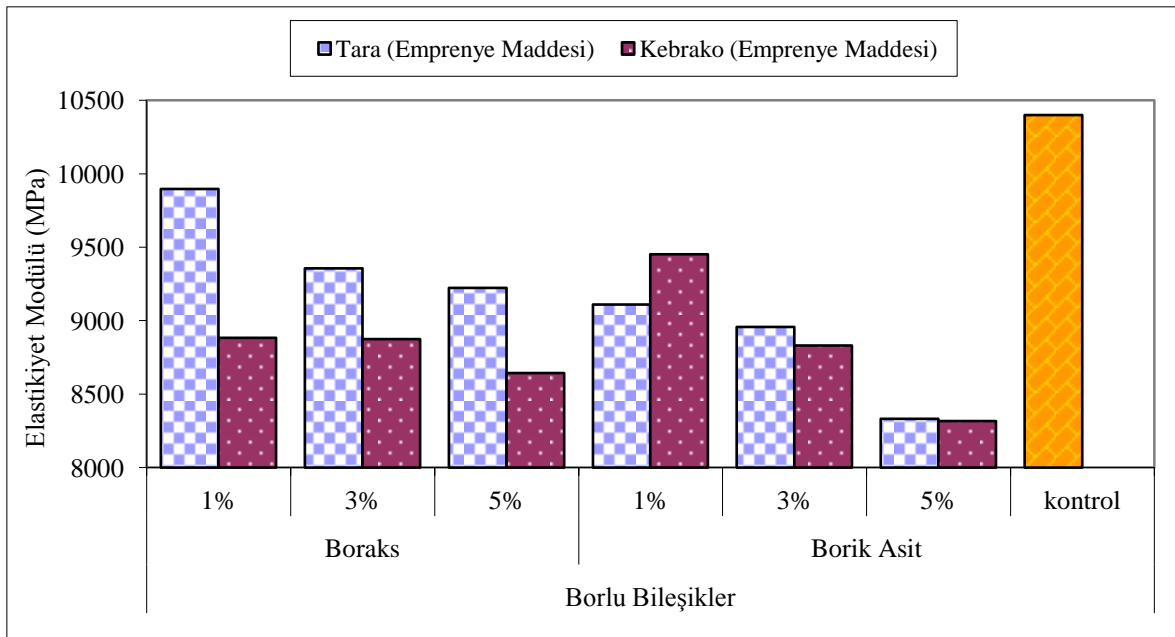
Tablo 3.12. Doğru kayını odunun ortalama elastikiyet modülü değerleri (MPa)

Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		% 1	% 3	% 5	% 1	% 3	% 5
Tara	x	9896	9356	9513	9110	8957	8332
	Sx	1555	745	777	875	949	953
	v	0.16	0.08	0.08	0.10	0.11	0.11
Kebrako	x	8883	8875	8643	9453	8831	8317
	Sx	821	913	935	1012	1183	1459
	v	0.09	0.10	0.11	0.11	0.13	0.18
Kontrol	x	10400					
	Sx	1460					
	v	0.14					

İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

Literatürde yapılan çalışmalarda kayın odununun elastikiyet modülü değerleri: *Fagus orientalis* (Avrupa) 16000 MPa (Güler ve Bektaş, 2000), 15700 MPa (Bozkurt ve Erdin, 2000), 13082 MPa (Malkoçoğlu, 1994), 11621 MPa (Erdinler, 1999), *Fagus orientalis* (Andırın) 12750 MPa (Güler ve Bektaş, 2000), *Fagus orientalis* (İran) 11820 MPa (Güler ve Bektaş, 2000), olarak bulunmuştur.

Özkan (2012) yaptığı çalışmada da kayın odununun elastikiyet modülü değeri ortalama 14111 MPa olarak bulmuştur. Bu çalışmada emprenyesiz kontrol örneklerinin elastikiyet modülü 10400 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun ortalama elastikiyet modülü değerleri (MPa)

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilmiş kayın örnekleri ile kontrol örneklerinin elastikiyet modülünün belirlenmesine ilişkin grafik Şekil 3.4’de gösterilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi ortalama elastikiyet modülü değerleri kontrol örneklerinden düşüktür ve çözelti konsantrasyonu arttıkça elastikiyet modülü değerlerindeki düşüş de artmaktadır.

### 3.2.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direncinin belirlenmesine ilişkin yapılan istatistiksel analizlerden varyans analizi Tablo 3.13'de, LSD testi sonuçları Tablo 3.14'de, ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri Tablo 3.15'de ve sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; borlu bileşikler, çözelti konsantrasyonu, empenye maddesi\*konsantrasyon ve borlu bileşikler\*konsantrasyon ile liflere paralel basınç direnci arasında %1 önem düzeyinde fark olduğu tespit edilmiştir. Emprenye maddesi ve liflere paralel basınç direnci arasında ise %5 önem düzeyinde fark bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 3.13).

Tablo 3.13.Doğu kayını odununun ortalama liflere paralel basınç direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	188.00	188.00	5.86**
Borlu Bileşikler	1	285.21	285.21	8.89*
Çözelti konsantrasyonu	2	610.91	305.45	9.52*
em*bb	1	66.60	66.60	2.08
em*k	2	587.77	293.88	9.16*
bb*k	2	771.81	385.90	12.03*
em*bb*k	2	47.23	23.62	0.74
Hata	108	3465.15	32.085	
Toplam	119	6022.68		

\*\* , % 5 düzeyinde önemli ve \* , %1 düzeyinde önemli

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan LSD testi sonuçları Tablo 3.14'de verilmiştir.

Buna göre; en yüksek elastikiyet modülü değişimi, empenye maddesi bakımından kebrako ile empenye edilen örneklerde  $48.15 \text{ N/mm}^2$ , borlu bileşikler bakımından borik asitte  $48.44 \text{ N/mm}^2$  ve çözelti konsantrasyonu bakımından ise  $50.09 \text{ N/mm}^2$  ile % 3 konsantrasyonda empenye edilen örneklerde elde edilmiştir. En düşük elastikiyet modülü

değişimi ise, empenye maddesi bakımından 45.65 N/mm<sup>2</sup> ile tara ile empenye edilen örneklerde, borlu bileşikler bakımından 45.36 N/mm<sup>2</sup> ile boraksta ve çözelti konsantrasyonu bakımından ise 45.29 N/mm<sup>2</sup> ile % 1 konsantrasyonda empenye edilen örneklerde elde edilmiştir (Tablo 3.14).

Tablo 3.14. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin liflere paralel basınç direncinin değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Faktör		X <sub>ort</sub>
Emprenye Maddesi	Tara	45.65 b
	Kebrako	48.15 a
LSD: ±2.0499		
Borlu Bileşikler	Boraks	45.36 b
	Borik Asit	48.44 a
LSD: ±2.0499		
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	45.29 b
	% 3	50.09 a
	% 5	45.32 b
LSD: ± 2.5106		

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile empenye edilen deney örneklerinde hava kurusu haldeki (% 12) liflere paralel basınç direnci en yüksek değer kebrako ve % 1 boraks ile empenye edilen örneklerde 51.38 N/mm<sup>2</sup> ve en düşük değer ise tara ve % 5 boraks ile empenye edilen örneklerde 43.96 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Yapılan empenye işlemlerinden sadece tara ve % 5 boraks karışımı ile empenye edilen örneklerin liflere paralel basınç direnci değerleri kontrol örneklerinden düşük çıkmıştır. Diğer tüm empenye işlemlerinde liflere paralel basınç direnci değerleri empenyesiz kontrol örneklerinden yüksektir (Tablo 3.15).

Tablo 3.15. Doğu kayını odunun ortalama liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		% 1	% 3	% 5	% 1	% 3	% 5
Tara	x	47.45	46.49	43.96	48.73	48.48	45.54
	Sx	4.13	6.15	2.32	2.14	3.42	3.61
	v	0.09	0.13	0.05	0.04	0.07	0.08
Kebrako	x	51.38	47.04	45.76	49.73	46.42	45.91
	Sx	1.66	2.93	6.09	5.59	2.30	1.97
	v	0.03	0.06	0.13	0.11	0.05	0.04
Kontrol	x	44.39					
	Sx	3.74					
	v	0.08					

İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

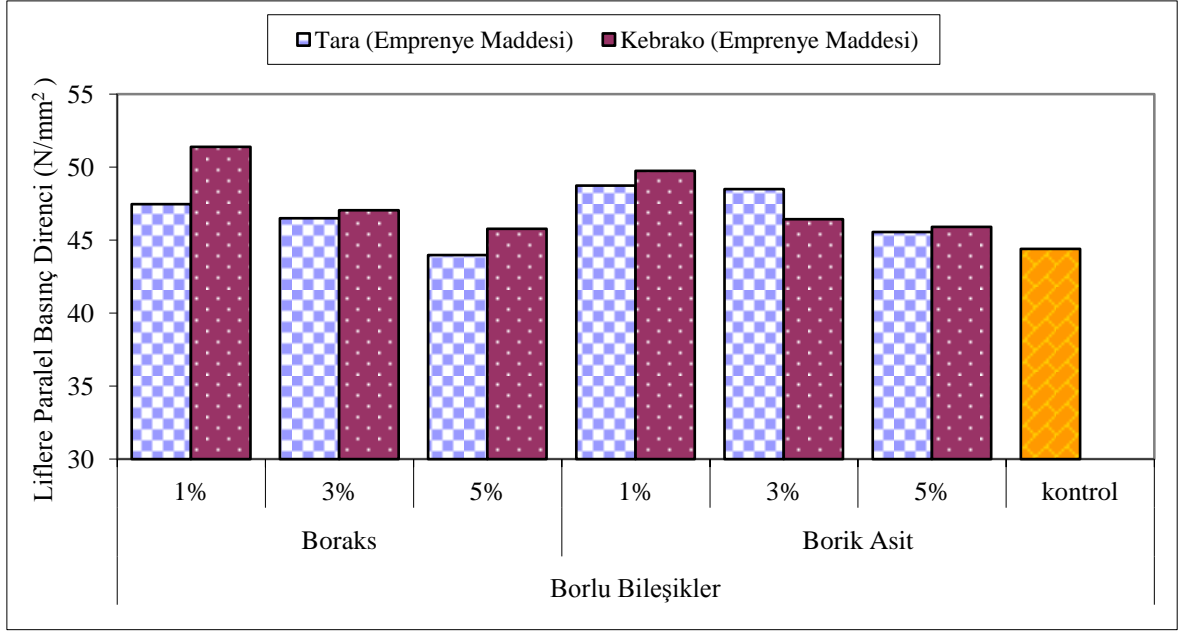
Literatürde yapılan farklı çalışmalarda kayın odununun liflere paralel basınç direnci değerleri: 57.2 N/mm<sup>2</sup> (Malkoçoğlu, 1994), 60 N/mm<sup>2</sup> (Bozkurt ve Erdin, 2000), 62.9 N/mm<sup>2</sup> (Erdinler, 1999) olarak tespit edilmiştir.

Özkan (2012) yaptığı çalışmada doğu kayını odununun ortalama liflere paralel basınç direnci değerini 48.41 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit etmiştir. Kontrol örneklerinde ise hava kurusu haldeki (% 12) liflere paralele basınç direnci değeri 44.39 N/mm<sup>2</sup> ile literatürdeki değer ile benzer olarak bulunmuştur (Tablo 3.15).

Keskin (2003) yaptığı çalışmada lamine edilmiş doğu ladininin teknolojik özelliklerini masif (kontrol) ağaç malzeme ile kıyaslamış ve liflere ve tutkal hattına paralel basınç direncinde % 6.01 oranında artış tespit etmiştir. Elde ettiğimiz liflere paralel basınç direncinin tespitine ilişkin bulgular Keskin'in çalışmasına benzer çıkmıştır.

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilmiş kayın örnekleri ile kontrol örneklerinin liflere paralel basınç direncinin belirlenmesine ilişkin grafik Şekil 3.5'de gösterilmiştir.





Şekil 3.5. Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun liflere paralel ortalama basınç dirençleri (N/mm<sup>2</sup>)

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın örneklerinde liflere paralel basınç direnci kontrol örneklerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Doğal emprenye maddelerinden kebrakonun liflere paralel basınç direncini taraya göre yükselttiği tespit edilmiştir. Çözelti konsantrasyonu bakımından ortalama liflere paralel basınç direnci değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük ise % 5'lik borlu bileşik çözeltisi ile emprenye edilen örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 3.5).

#### 3.2.4. Vida Tutma Direnci

Vida tutma direncinin belirlenmesine ilişkin istatistiksel analizlerden varyans analizi Tablo 3.16'da, LSD testi sonuçları Tablo 3.17'de, ortalama vida tutma değerleri Tablo 3.18'de ve sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; vida tutma direnci ile çözelti konsantrasyonu arasında % 1 önem düzeyinde; emprenye maddesi\*konsantrasyon arasında ise % 5 önem düzeyinde farklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 3.16)

Tablo 3.16. Doğu kayını odununun ortalama vida tutma direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	4538.70	4538.70	1.18
Borlu Bileşikler	1	529.20	529.20	0.14
Çözelti konsantrasyonu	2	62591.85	31295.92	8.14*
em*bb	1	4612.80	4612.80	1.20
em*k	2	24555.05	12277.52	3.19**
bb*k	2	3789.05	1894.52	0.49
em*bb*k	2	2964.05	1482.02	0.39
Hata	108	415117.00	3843.68	
Toplam	119	518697.70		

\*\* , % 5 düzeyinde önemli ve \* , %1 düzeyinde önemli

Farkların tespiti için yapılan LSD testi sonuçları Tablo 3.17'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek vida tutma direnci değeri, emprenye maddesi bakımından  $271.20 \text{ N/mm}^2$  ile tarada, borlu bileşikler bakımından  $267.15 \text{ N/mm}^2$  ile boraksta ve çözelti konsantrasyonu bakımından ise  $294.53 \text{ N/mm}^2$  ile % 1 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir. En düşük vida tutma direnci değeri ise, emprenye maddesi bakımından  $258.90 \text{ N/mm}^2$  ile kebrako ile emprenye edilen örneklerde, borlu bileşikler bakımından  $262.95 \text{ N/mm}^2$  ile borik asitte ve çözelti konsantrasyonu bakımından ise  $238,88 \text{ N/mm}^2$  ile % 5 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir (Tablo 3.17).

Tablo 3.17. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin vida tutma direncinin değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Faktör		X <sub>ort</sub>
Emprenye Maddesi	Tara	271.20 a
	Kebrako	258.90 a
LSD: ±22.436		
Borlu Bileşikler	Boraks	267.15 a
	Borik Asit	262.95 a
LSD: ±22.436		
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	294.53 a
	% 3	261.75 b
	% 5	238.88 b
LSD: ± 27.479		

Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen deney örneklerinde hava kurusu haldeki (% 12) ortalama vida tutma direnci değeri en yüksek kebrako ve % 5 borik asit ile emprenye edilen örneklerde 283.52 N/mm<sup>2</sup> ve en düşük değer ise kebrako ve % 1 boraks ile emprenye edilen örneklerde 267.00 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Yapılan emprenye işlemlerinin tamamında emprenye edilen örneklerin vida tutma direnci değerleri kontrol örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. Kontrol örneklerinde ise hava kurusu haldeki (% 12) ortalama vida tutma direnci değeri 199.36 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 3.18).

Tablo 3.18. Doğu kayını odunun ortalama vida tutma değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		% 1	% 3	% 5	% 1	% 3	% 5
Tara	x	275.58	278.31	280.65	267.30	271.77	275.18
	Sx	33.34	16.91	20.63	33.21	15.51	21.47
	v	0.12	0.06	0.07	0.12	0.06	0.08
Kebrako	x	267.00	275.70	275.73	274.31	277.01	283.52
	Sx	40.35	37.56	11.43	19.95	27.78	50.12
	v	0.15	0.14	0.04	0.07	0.10	0.18
Kontrol	x	199.36					
	Sx	16.13					
	v	0.08					

\*İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

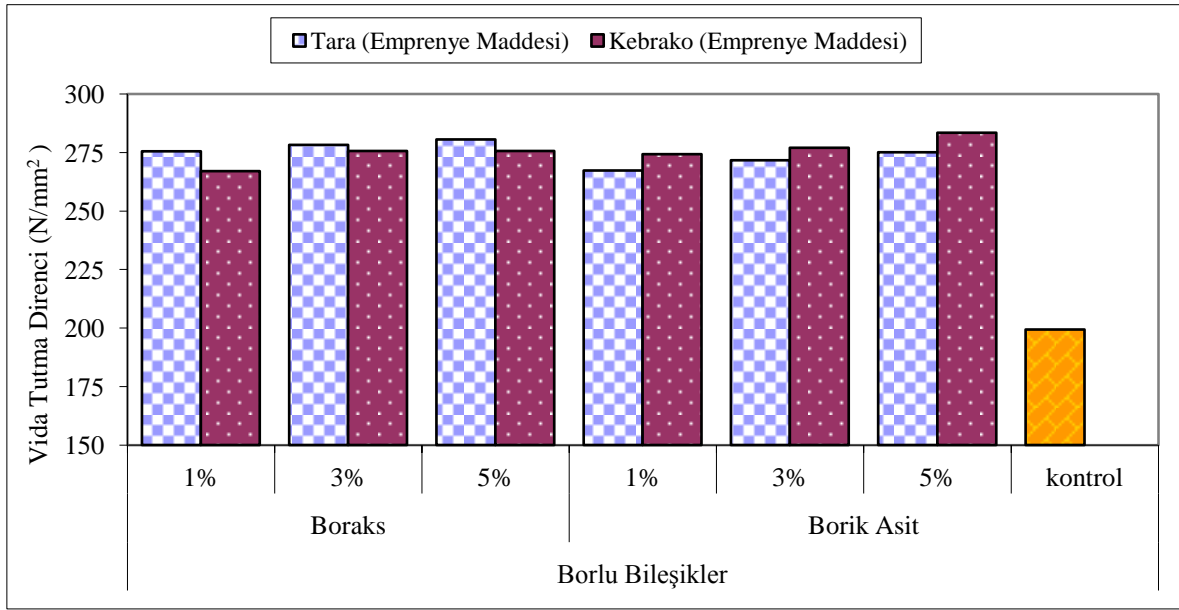
Açıkel (2007) yapmış olduğu çalışmada meşe, kayın ve çam ağaçlarından hazırlanan örnekleri farklı emprenye maddeleri ile emprenye ederek vida tutma dirençlerini ölçmüştür. Emprenye maddesi çeşidine göre vida çekme direnci büyükten küçüğe sıralanırsa; borik asit, boraks, imersol-aqua şeklinde olduğunu ve özellikle borik asit, boraks ve borik asit + boraks karışımının diğer emprenye maddelerine göre vida tutma direnci üzerine daha fazla etki ettiklerini tespit etmiştir. Deney sonuçlarına göre emprenye işlemi vida çekme direncini arttırmıştır. Bu durum emprenye maddelerinin ağaç içerisinde hücre çeper boşluğuna girerek temas yüzey alanına etki göstermesinden kaynaklanabilir.

Atar ve diğerleri (2009) yaptıkları çalışmada doğu kayını, sapsız meşe, sarıçam odunlarının boraks, borik asit, borik asit + boraks, Imersol Aqua veya Timbercare Aqua ile emprenye edildikten sonra vida çekme direncinin ölçüldüğü araştırmada, Odun + vida + emprenye maddesi kombinezonu açısından en yüksek değer Avrupa meşesi + boraks + küçük çaplı vidada bulunduğu ve emprenye işleminin ahşabın vida çekme direncini artırdığını tespit etmişlerdir.

Literatürde önceki çalışmalara bakıldığında yoğunluğu yüksek olan ahşap malzemelerin vida tutma performanslarının da yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum yoğunluğu yüksek ağaç malzemedeki boşluk miktarının az olmasının vidanın tutunma kabiliyetini arttığı şeklinde açıklanabilir. Yapılan bu çalışmada da bu durum doğrulanmaktadır. Emprenye sonrası kayın örneklerinin yoğunluğu ve buna paralel olarak

vida tutma dirençleri artmıştır. Emprenye edilen kayın örneklerinin vida tutma direnci değerleri emprenyesiz kontrol örneklerinden daha yüksek çıkarak literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilmiş kayın örnekleri ile kontrol örneklerinin vida tutma direncinin belirlenmesine ilişkin grafik Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun vida tutma ortalama direnç değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Bazı tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın örneklerinin hepsinde vida tutma direnci kontrol örneklerinden yüksek tespit edilmiştir (Şekil 3.6).

### 3.2.5. Liflere Paralel Yönde Yapışma Direnci

Yapışma direncinin belirlenmesine ilişkin istatistiksel analizlerden varyans analizi Tablo 3.19'da, LSD testi sonuçları Tablo 3.20'de, ortalama yapışma direnci değerleri Tablo 3.21'de ve sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; yapışma direnci ile emprenye maddesi arasında %1 önem düzeyinde fark bulunduğu belirlenmiştir. Varyans analizinde diğer parametreler ile yapışma direnci arasında önemli bir ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir (Tablo 3.19).

Tablo 3.19. Doğu kayını odununun ortalama yapışma direncinin belirlenmesine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Emprenye Maddesi	1	16.185	16.18	7.71*
Borlu Bileşikler	1	0.083	0.08	0.04
Çözelti konsantrasyonu	2	1.033	0.51	0.25
em*bb	1	4.275	4.27	2.04
em*k	2	6.007	3.00	1.43
bb*k	2	7.712	3.85	1.84
em*bb*k	2	12.662	6.33	3.02
Hata	108	226.65	2.10	
Toplam	119	274.61		

\*, %1 düzeyinde önemli

Farklılıkların tespiti için yapılan LSD testi sonuçları Tablo 3.20'de verilmiştir. Buna göre; emprenye edilen örneklerde en yüksek yapışma direnci değerleri, emprenye maddesi bakımından  $4.93 \text{ N/mm}^2$  ile tarada, borlu bileşikler bakımından  $4.58 \text{ N/mm}^2$  ile borik asitte ve çözelti konsantrasyonu bakımından ise  $4.68 \text{ N/mm}^2$  ile % 3 konsantrasyonda elde edilmiştir. En düşük yapışma direnci değerleri ise, emprenye maddesi bakımından  $4.19 \text{ N/mm}^2$  ile kebrako ile emprenye edilen örneklerde, borlu bileşikler bakımından  $4.53 \text{ N/mm}^2$  ile boraksta ve çözelti konsantrasyonu bakımından ise  $4.45 \text{ N/mm}^2$  ile % 5 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde tespit edilmiştir. Yapışma direncinin tespitine ilişkin değerlerin düşük veya yüksek çıkması, kullanılan materyallerin farklı olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Tablo 3.20).

Tablo 3.20. Emprenye maddesi, borlu bileşikler ve çözelti konsantrasyonu değişkenlerinin liflere paralel yapışma direnci değişim oranına ait LSD testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Faktör		X <sub>ort</sub>
Emprenye Maddesi	Tara	4.93 a
	Kebrako	4.19 b
		LSD: ±0.524
Borlu Bileşikler	Boraks	4.53 a
	Borik Asit	4.58 a
		LSD: ±0.524
Çözelti Konsantrasyonu	% 1	4.54 a
	% 3	4.68 a
	% 5	4.45 a
		LSD: ± 0.642

Tablo 3.21'de görüldüğü gibi tanenler ve borlu bileşikler ile emprenye edilen deney örneklerinde hava kurusu haldeki (% 12) yapışma direnci en yüksek kebrako ve % 1 borik asit ile emprenye edilen örneklerde 5.14 N/mm<sup>2</sup> ve en düşük ise kebrako ve % 5 boraks ile emprenye edilen örneklerde 4.10 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Kontrol örneklerinde hava kurusu haldeki ortalama yapışma direnci 6.65 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Yapılan emprenye işlemlerinin tamamında emprenye edilen örneklerin yapışma direnci değerleri kontrol örneklerinden daha düşük çıkmıştır (Tablo 3.21).

Tablo 3.21. Doğu kayını odunun ortalama yapışma direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Emprenye Maddesi	İ.S.	Borlu Bileşikler					
		Boraks			Borik Asit		
		% 1	% 3	% 5	% 1	% 3	% 5
Tara	x	5.02	4.47	4.36	4.68	4.40	4.38
	Sx	0.46	0.87	0.90	1.14	0.68	0.58
	v	0.09	0.19	0.21	0.24	0.16	0.13
Kebrako	x	4.67	4.37	4.10	5.14	5.08	4.52
	Sx	1.32	0.95	0.57	0.91	0.56	1.16
	v	0.28	0.22	0.14	0.18	0.11	0.26
Kontrol	x	6.65					
	Sx	1.95					
	v	0.29					

İ.S.: İstatistiksel Sembol, x:Ortalama, Sx:Standart Sapma, v:Varyans

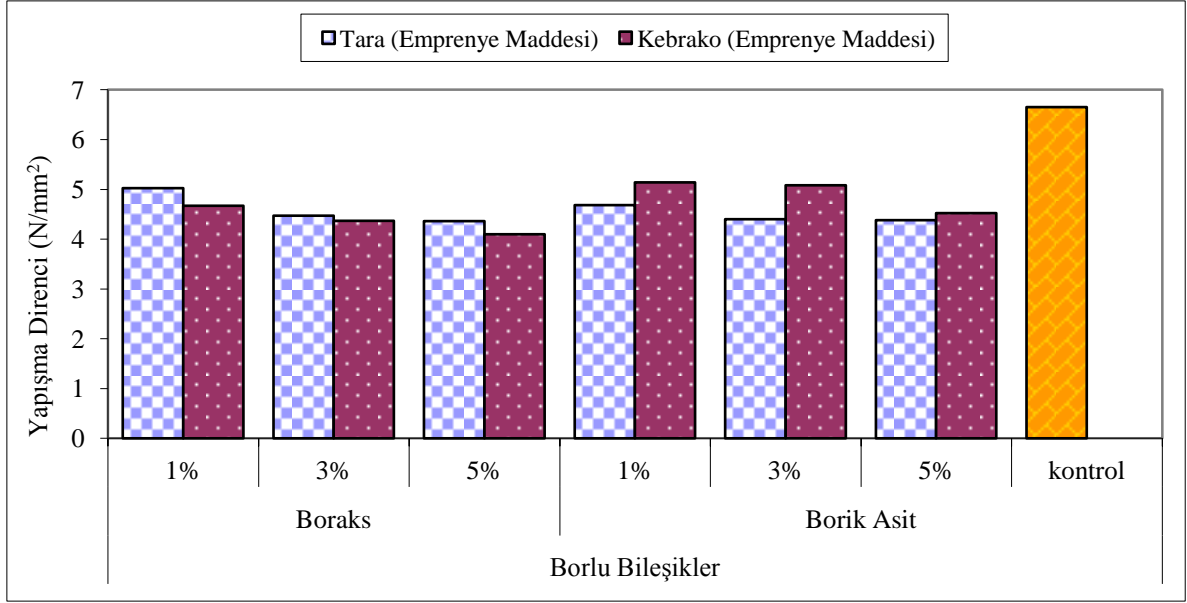
Basınç uygulanan emprenye yöntemleri ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerde yapışma direncinin azaldığı literatürdeki çalışmalarda görülmektedir. Yapışma direncini, emprenye yöntemi, retensiyon miktarı, emprenye maddesinin yapısı gibi birçok faktör etkilemektedir. Rowell (2005) yaptığı çalışmada ahşap malzemenin yapışma direncini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Çalışma sonucunda yapışma direncine birçok faktörün etki ettiğini ancak bunlardan en önemlilerinin; ahşaptan kaynaklanan faktörler (kullanılan ağaç türü, ahşap malzemenin yüzey yapısı ve yüzey düzgünlüğü), üretim yönteminden kaynaklanan faktörler, tutkaldan kaynaklanan faktörler (kullanılan tutkalın yayılma oranı, tutkalın türü, miktarı ve sürülme şekli) ve kullanım yerinden kaynaklanan faktörler olduğunu belirlemiştir.

Sönmez ve Budakçı (2001) yaptıkları çalışmada farklı ağaç malzeme türleri üzerine uygulanan koruyucu maddelerin (emprenye maddesinin); sentetik boya ve vernik katmanlarının yapışma direncini azaltıcı etki gösterdiğini belirtmişlerdir.

Altınok ve diğerleri (2009) yaptıkları çalışmada, polivinilasetat (PVAc), üre-formaldehit (UF), poliüretan (PU), tutkallarının ve bu tutkalların boraks ile karışımının kestane (*Castanea sativa* M.) odununun yapışma direncine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda boraksın yapışma direncini, PVAc tutkalında % 15.6, UF tutkalında % 21.5, PU tutkalında ise % 37.7 oranlarında düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Uysal ve Kurt (2005) yaptıkları çalışmada, ağaç malzeme olarak doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), ıhlamur (*Tilia perfifolia* E.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kestane (*Castanea sativa* M.) ağaçlarını, emprenye maddesi olarak da bor bileşenlerinden borax, borik asit ve borax-borik asit karışımını kullanmışlardır. Basınç vakum yöntemi kullanarak yaptıkları emprenye sonrasında örneklerin yapışma dirençlerini tespit etmişlerdir. Polimarin (Desmodur-VTKA), Fenol formaldehit, Üre formaldehit ve PVAc tutkalı ile yapıştırılan örneklerden en yüksek yapışma direncini üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılan ıhlamur örneklerinde tespit etmişlerdir.





Şekil 3.7. Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın odununun ortalama yapışma direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen kayın örneklerin tamamında yapışma direncinin kontrol örneklerinden daha düşük çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 3.7). Bu düşmenin, borlu bileşiklerin kullanılan tutkalın kimyasal yapısını olumsuz yönde etkilemesinden, tutkalın ağaç malzemenin içerisine nüfuz etmesini zorlaştırmasından ve katmanlar arasındaki adhezyon ve kohezyon kuvvetlerini olumsuz yönde etkilemesinden kaynaklandığı söylenebilir (Özçifçi, 2005).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan emprenyeler sonucunda retensiyon miktarı, doğal emprenye maddelerinde kebrako ile yapılan emprenyelerde taradan daha yüksek tespit edilmiştir. Tara kullanılan emprenyelerde retensiyon miktarı kebrakoya göre düşük seviyede saptanmıştır. Bu değere göre kebrakonun oduna daha iyi absorbe olduğu söylenebilir. Borlu bileşiklerde ise boraksın retensiyon miktarının, borik asitten daha yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre boraksın oduna borik asitten daha iyi absorbe olduğu söylenebilir. Borlu bileşiklerin konsantrasyonu arttırıldıkça retensiyon değerleri de yükselmiştir. En yüksek retensiyon değeri % 5 konsantrasyondaki çözelti ile emprenye edilen örneklerde tespit edilmiştir. Bu durum borlu bileşik konsantrasyonu arttıkça oduna tutunan madde miktarının da arttığı şeklinde açıklanabilir.

Deneyle sonucunda emprenye edilen örneklerin tam kuru yoğunluk değerleri kontrol örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum emprenye işleminde kullanılan borlu bileşiklerin tuz özellikli olmaları nedeniyle ahşap malzemenin yoğunluğunu arttırdıkları şeklinde yorumlanabilir. Ortalama tam kuru yoğunluk değeri doğal emprenye maddelerinden kebrako ile, borlu bileşiklerden ise boraks ile daha yüksek tespit edilmiştir. Borlu bileşik konsantrasyonundaki artışın tam kuru yoğunluk değerini de arttırdığı görülmüştür. Emprenyeli örneklerin tam kuru yoğunluk değerlerinin emprenyesiz kontrol örneklerinden daha yüksek çıkmasının literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Emprenye işleminden sonra örneklerin liflere dik eğilme direncinde genel olarak bir azalma tespit edilmiştir. Doğal emprenye maddelerinde kebrako ile emprenye edilen örneklerde eğilme direnci daha düşük bulunmuştur. Borlu bileşiklerde ise borik asit ile emprenye edilen örneklerde eğilme direncinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Borlu bileşik konsantrasyonu arttıkça, deney örneklerinin liflere dik eğilme dirençlerindeki düşüşün de arttığı tespit edilmiştir. Bu durum kristal yapıdaki emprenye tuzlarının hücre çeperindeki miseller arasına yerleşerek malzemenin kohezyon özelliğinde azalmaya sebep olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Elastikiyet modülünde doğal emprenye maddelerinde birbirine oldukça yakın değerler olmakla beraber tara daha yüksek çıkmıştır. Ancak değerler kontrol örneklerine göre düşük tespit edilmiştir. Borlu bileşiklerde ise kontrol örneklerinden düşük ve boraks ile borik aside göre daha yüksek sonuçlar tespit edilmiştir. Borlu bileşik

konsantrasyonunda ise en yüksek elastikiyet modülü değeri % 5 konsantrasyonda tespit edilmiştir. Ortalama elastikiyet modülü değerleri kontrol örneklerinden düşüktür ve çözelti konsantrasyonu arttıkça elastikiyet modülü değerlerindeki düşüş de artmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda liflere paralel basınç direnci değerleri genel olarak kontrol örneklerinden yüksek tespit edilmiştir. Doğal emprenye maddelerinde kebrako taradan daha yüksek, borlu bileşiklerde ise borik asit borakstan daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Borlu bileşik konsantrasyonunda ise, en yüksek değer % 3 konsantrasyonda bulunmuştur.

Vida tutma direnci, yapılan deneyler sonucunda emprenyeli örneklerde kontrol örneklerinden daha yüksek tespit edilmiştir. Doğal emprenye maddelerinde tara ile kebrakodan daha yüksek, borlu bileşiklerde boraks ile borik asitten daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Borlu bileşik konsantrasyonu arttıkça vida tutma direncinde azalma tespit edilmiştir. Ancak bu azalmaya rağmen % 5 konsantrasyondaki vida tutma direnci değerleri dahi kontrol örneklerinden daha yüksek çıkmıştır.

Yapılan testler sonucunda emprenyeli örneklerin yapışma direnci kontrol örneklerinden daha düşük tespit edilmiştir. Doğal emprenye maddelerinde tara ile kebrakodan, borlu bileşiklerde borik asit ile borakstan daha yüksek sonuçlar tespit edilmiştir. Borlu bileşik konsantrasyonlarında ise en yüksek değer % 3 konsantrasyonda bulunmuştur.

Yapılan deneyler sonucunda doğal emprenye maddelerini kıyaslırsak; kebrako ile emprenye edilen örneklerde retensiyon, tam kuru yoğunluk ve liflere paralel basınç direnci değerlerinin taradan daha yüksek değerler olduğu tespit edilmiştir.

Deneyler sonucunda borlu bileşikleri birbiri ile kıyaslırsak; boraks ile emprenye edilen örneklerde retensiyon, tam kuru yoğunluk, elastikiyet modülü, eğilme direnci ve vida tutma direnci değerlerinin borik asitten daha yüksek değerler olduğu belirlenmiştir.

Deney sonuçlarını kontrol örnekleri ile kıyaslırsak; emprenyeli örneklerde tam kuru yoğunluk, liflere paralel basınç ve vida tutma dirençleri kontrol örneklerinden yüksek çıkmıştır. Eğilme direnci, elastikiyet modülü ve liflere paralel yapışma direnci ise kontrol örneklerinden düşük tespit edilmiştir.

Emprenye işleminin kullanılabilirliği açısından maliyet oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle emprenye sanayisinde sık kullanılan bazı kimyasal emprenye maddeleri ile 1 m<sup>3</sup> ahşabın emprenye maliyetleri ve bu çalışmada yapılan emprenyelerin maliyetleri Tablo

4.1'de gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tanenler ve borlu bileşikler ile yapılan emprenyelerin maliyetleri yaklaşık olarak hesaplanarak tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.1'de görüldüğü üzere doğal emprenye maddeleri (tanenler) ve borlu bileşikler ile yapılan emprenye işlemlerinin hepsinde daha düşük maliyetler tespit edilmiştir. En çok tercih edilen kimyasal emprenye maddelerinden CCB ile 1 m<sup>3</sup> ahşap 80 TL'ye, Wolmanit CX-8 ile 120 TL'ye emprenye edilirken, tanenler ve borlu bileşikler ile yaptığımız emprenyelerde 1 m<sup>3</sup> ahşap maksimum 73,5 TL'ye emprenye edilebilmektedir. Yani bizim yaptığımız emprenye işlemlerinin hepsi mevcut emprenye işlemlerinden daha ekonomik ve düşük maliyetli olmuştur.

Tablo 4.1. Emprenye maliyetlerinin karşılaştırılması (URL-6)

Kullanılan Emprenye Maddesi	Maliyet (1 m <sup>3</sup> )
CCB (Bakır-Krom-Bor)	80,0 TL
Wolmanit CX-8	120,0 TL
Bakır triazol (2012 yılı fiyatı)	188,8 TL
% 5 Tara + % 1 Boraks	50,5 TL
% 5 Tara + % 3 Boraks	61,9 TL
% 5 Tara + % 5 Boraks	73,5 TL
% 5 Tara + % 1 Borik asit	49,9 TL
% 5 Tara + % 3 Borik asit	60,2 TL
% 5 Tara + % 5 Borik asit	70,5 TL
% 5 Kebrako + % 1 Borik asit	43,5 TL
% 5 Kebrako + % 3 Borik asit	53,5 TL
% 5 Kebrako + % 5 Borik asit	64,2 TL
% 5 Kebrako + % 1 Boraks	44,2 TL
% 5 Kebrako + % 3 Boraks	55,5 TL
% 5 Kebrako + % 5 Boraks	67,4 TL

Dünyada son yıllarda orman ürünleri sanayisinde önemli bir yer işgal eden ahşap malzemelerin korunmasında (emprenye işlemi) kullanılan kimyasal emprenye maddelerinin yerine doğaya ve insana zarar vermeyen alternatif emprenye maddeleri aranmalıdır. Bu çalışmada, ülkemizde büyük bir potansiyele sahip olan bor minerali ile tanen bakımından zengin olan doğal emprenye maddelerinin karışımları ahşap malzemeye uygulanarak ahşap malzemenin bazı özellikleri test edilmiştir. Böylece kullanılan bu maddelerin emprenye alanında kullanımının arttırılması ve dolayısıyla ülke ekonomisine ve çevreye katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, doğal empenye maddesi olarak kebrako ve tara, kimyasal empenye maddesi olarak ise boraks ve borik asit kullanılmıştır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda farklı borlu bileşikler ile farklı doğal empenye maddelerinin kullanılması tavsiye edilebilir. Ayrıca bu karışıma başka maddeler eklenerek ahşap malzeme üzerindeki etkileri belirlenerek kıyaslama yapılabilir.

Bor içerikli ürünler sosyal yaşamın birçok alanında kullanılmaktadır. Bunlardan biri de ağaç malzemenin korunmasıdır. Bu bağlamda borlu bileşikler oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Borlu bileşikler ayrıca insan ve hayvan sağlığına zarar vermemekte ve çevreye de olumsuz etkiler yapmamaktadır. Borlu bileşikler odunun eğilme direncini, elastikiyet modülünü ve liflere paralel yapışma direncini bir miktar düşürmesine rağmen bu durum ağaç malzemenin genel kesiti göz önüne alındığında dikkate alınmayabilir. Borlu bileşiklerin konsantrasyonu arttıkça düşüş miktarının da arttığı belirlenmiştir. Dolayısıyla bu dirençlere maruz kalınan yerlerde düşük konsantrasyondaki borlu bileşik çözeltileri ile empenye tavsiye edilebilir. Odunun vida tutma direnci ve liflere paralel basınç direnci değerlerinde ise artış olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle basınç kuvvetine maruz kalınan yerlerde ahşap malzeme olarak borlu bileşikler ile empenye edilen doğu kayını tavsiye edilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Açıklı, İ. 2007. Emprenye İşleminin Ağaç Malzemede Vida Tutma Direncine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İleri Teknolojiler Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., 52s, Ankara.
- Akyıldız, M. H., 1999. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Önemi Bazı Ağaç Odunlarının Çivi ve Vida Tutma Dirençleri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., 71s, Trabzon.
- Akyıldız, M., Malkoçoğlu, A., 2001. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Önemli Bazı Ağaç Odunlarının Vida Tutma Direnci, Artvin Orman Dergisi, 1: 54-60, Artvin.
- Altınok, M., Doruk, Ş., 2010. Doğal Ortam Şartlarının (Kış Mevsiminin) Bazı Ağaç Malzemenin Vida Tutma Performansına Etkisi, Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic, Cilt:13 Sayı: 4 s. 305-311.
- Altınok, M., Özalp, M., Karaaslan, A., Perçin, O., 2009. Borla Modifiye Edilmiş Tutkalların Kestane (*Castanea Sativa Mill.*) Odununun Yapışma Direncine Etkileri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 15, s.17-24
- Asarcıklı, M., Keskin, H., 2005. Ahşap Süsleme Teknikleri Ders Kitabı, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Aslan, S., 1998. Ağaç Zararlıları Koruma ve Emprenye Teknikleri, KOSGEB Yayınları, 272 s, Ankara.
- ASTM-D 1413-07, “Standard Test Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soilblock Cultures”, ASTM, USA, 1-9 (2007).
- Atar, M., Keskin, H., İzciler, M., 2009. Impacts of impregnation chemicals on combustion properties of the laminated wood materials produced combination of beech and poplar veneers, *Construction and Building Materials*, 23(2), 634-643.
- Atar, M., 2007. Farklı Miktarlarda Su İle Seyreltilen Pvac'nın Bazı Ağaçlarda Yapışma Direncine Etkisi, Politeknik Dergisi, 1s.85-91.
- Atılğan, A., Ersen, N., ve Peker, H., 2013. Çay Bitki Ekstraktı İle Muamele Edilen Odun Türlerinde Retensiyon Değerleri, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, s. 278-286, Kastamonu.
- Aytaşkın, A., 2009. Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 134s, Karabük.

- Bal, B., 2006. Amonyaklı Bakır Quat (ACQ) Emprenye Tuzu İle Emprenye Edilen Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Odununun Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s, Kahramanmaraş.
- Banda, E.J.K.B. and Omwe, T., 1997. Effects Of Creosote Oil On The Mechanical Properties Of Selected Uganda Timbers, Forest Products Journal, 47 (10): 56-58
- Baysal, E., 1994. Çeşitli Borlu ve WR. Bileşiklerinin Kızılcım Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114 s. Trabzon.
- Baysal, E., 2002. Determination of Oxygen Index Levels and Thermal Analysis of Scots Pine Impregnated Melamine Formaldehyde-Boron Combinations, Journal of Fire Sciences, 20(5): 373-389.
- Baysal, E., Peker, H., Çolak, M., Tarımer, İ., 2003."Verniklenmiş ağaç malzemenin yanma özellikleri ve borlu bileşiklerle ön emprenye işleminin yanmayı geciktirici Etkisi", F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (4): 645-653.
- Baysal, E., Yalınkılıç M.K., Çolak, M., Göktaş, O., 2003. Combustion properties of Calabrian pine (Pinus brutia Ten.) wood treated with vegetable tanning extracts and boron compounds, Turkish Journal of Forestry, 27(4):245-252.
- Baysal, E., Peker, H., Çolak, M., Tarımer İ., 2003. Verniklenmiş Ağaç Malzemenin Yanma Özellikleri ve Borlu Bileşiklerle Ön Emprenye İşleminin Yanmayı Geciktirici Etkisi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(4): 645-653.
- Baysal, E., Şimşek, H., Toker, H., Çolak, M., Yiğitbaşı, O.N., 2006. Borlu Bileşiklerle Muamele Edilmiş Ağaç malzemedeki Higroskopisite Seviyelerinin Belirlenmesi, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, 45-51, Ankara.
- Bektaş, İ., 1997. Kızılcım Odununun Teknolojik Özellikleri ve Yörelere Göre Değişimi, İÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, S:26-27, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1986. Orman Ürünlerinden Faydalanma, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 3402: 448, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, 3445: 34-35, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., N. Erdin., 1990. Ticarete Kullanılan Ağaçlarda Fiziksel ve Mekanik Özellikler, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Dergisi, Seri B, 40: 7-24, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3779/425, İstanbul.
- Bozkurt, A. Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi 71. Baskı, Yayın No: 3879, Orman Fakültesi Yayın No: 4135, s. 106-107, İstanbul.

- Bozkurt, Y., Erdin N., 1997. Ağaç Teknolojisi. İ. Ü. Orman Fakültesi, İ. Ü. Basımevi ve Film Merkezi, 445, sf 372. İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., 2000. Odun Anatomisi, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını, 117-120, İstanbul.
- Çıtak, O., 2012. Boraks ve Borik Asit İle Emprenye Edilmiş ve Isıl İşleme Tabi Tutulmuş Kayın Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., 85s, Karabük.
- Çolakoğlu, G., Çolak, S., Aydın, İ., Yıldız, Ü.C., Yıldız, S., 2003. Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Beech Veneer Lumber, *Silva Fennica*, 37 (4): 505-510.
- Çavdar, D.A., Mengeloğlu, F.,Karakuş, K., 2015. Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties, Of wood flour filled high density polyethylene composites, *Measurement*, Volume 60, January 2015, Pages 6-12
- Erdinler, S., 1999. Türkiye Mobilya Dış Ticareti, 1.Uluslararası Mobilya Kongresi ve Sergisi, Bildiri Kitabı, 3. ss.19-29, 14-17 Ekim, İstanbul.
- Findlay, W.P.K. 1985. Preservation of Timber In The Tropics, Martinus Nijhoof/DR W. Junk Publishers, ISBN 90-247-3112-7 Dordrecht, Netherlands.
- Freudenberg, K. ,1958. *Fourth Int. Cong. Biochem.*, Vienna, September Symposium II.
- Güler, C., Bektaş, İ., 2000. Andırın Doğu Kayını (*Fagus orientalis l.*) odununda elastiklik özellikler ile yoğunluk arasındaki ilişki. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 3, Sayı 2: 51-57, Kahramanmaraş.
- Güntekin, Keskin, H., ve Atar, M., 2005. The Effect Of The Screw Dimension İn The Lamination Of Beech And Scotch Pine Produced By Using Different Adheswe On Screw Withdrawal Strengt, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gür, İ., 2003. Emprenye İşleminin Sarıçam Ve Kızılcâmın Bazı Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., 56s, Ankara.
- Hafizoğlu, H., 1984. Orman Yan Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Ders Notları., KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.
- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z., 1994. Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi, TÜBİTAK TOAG- 875 Nolu Projesi, 377 s.
- Huş, S. 1977. Ahşap Yapıştırıcılar kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.



- İlhan, R., 1976. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Orman Mahsülleri Şubesi Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi No : 56 Sayfa: 29, Ankara.
- Karayazıcı, I., Nal, N., Celayir, F., 1980. Bor ve Bor Bileşikleri, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. Kimya Sektör Araştırma Müdürlüğü, 193s, İstanbul.
- Kartal, S.N., Green, F., 2002. Development and application of colorimetric microassay for determining boron-containing compounds. Forest Prod J, 52.
- Kartal, S. N., Unamura, Y., 2004. Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanılması, Ü.Uluslararası Bor Sempozyumu (23-25 Eylül), Eskişehir, 334s.
- Kasal, A., Efe, H., Dizel, T., 2010. Politeknik Dergisi (Journal of Polytechnic), Masif ve Lamine Edilmiş Ağaç Malzemelerde Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi, Cilt:13 Sayı: 3 s. 183-190.
- Kaya, O., 2011. Ahşap Emprenyesinde Bor Bileşiklerinin Kullanımının Ahşabın Yanmasına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s, Ankara.
- Keskin, H., and A. Togay., 2003. Doğu Kayını ve Kara Kavak Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, s:101-114, Isparta.
- Keskin, H., 2003. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2003, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 139-151
- Khanbabaee K, Ree T. 2001. Tanens: Classification and definition. Nat. Prod. Rep., 18: 641–649.
- Kırcı, H., 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 63, Trabzon.
- Kirk-Othmer, Smith, R.,1990. Encyclopedia of Chemical Technology, Boric Oxide, Boric Acid and Borate, Vol 1, No:4.
- Kocakuşak, S., Akçay, K., Ayok, T. , Köroğlu, J., Savaşçı,T. ve Tolun, R., 1998. Akışkan Yatakta Bor Oksit Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi, Tübitak Araştırma Merkezi, Rapor No:KM 323.
- Kurtoğlu, A., 2000. Ağaç Malzeme Yüzey işlemleri, Genel Bilgiler, İ.Ü. Orman Fak. Orman End. Müh. Bölümü, I:31-32, İstanbul.
- Kurtoğlu, A., 1984. Ağaç Malzemenin Kimyasal Olmayan Yolla Korunması Olanakları, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 4(34):27-29, İstanbul.

- Kurtuluş, F., 2003. Bazı Metal Borfosfatların ve Borkarbürlerin Katı-Hal Yöntemiyle Sentezlenmesi ve Malzemelerin Karakterizasyon Çalışmaları, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 86s. Balıkesir.
- Le Van, S.L., H.C. Tran., 1991. The role of boron in flame-retardant treatments. First International Conference on Wood protection With Diffusible Preservatives, November, 28–30: 39–41, Nashville, Tennessee.
- Lloyd, J.D., 1998. Borates and their biological applications. The International Research Group on Wood Preservation 29th Annual Meeting, 14-19 June 1998, IRG/WP/98-30178, 24pp, Maastricht, Netherlands.
- Malkoçoğlu, A., 1994. Doğu Kayını (*Fagus orientalis Lipsky*)'nın Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 154s, Trabzon.
- Murphy, R.J., 1990. Historical perspective in Europe, Proc. of First Int. Conf. on Wood Protection with Diffusible Preservatives 28-30 Nov. pp. 9-13, Nashville Tennessee.
- Murphy, R.J., D.J. Dickinson, P.J. Wickens, R. Haschim., 1993. Vapors boron treatment of wood composites, Timber Technology Research Group, Department of Biology Imperial College, UK, 49-56.
- Perçin, O., Ayan, S., 2012. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Cilt 1, No 1, 57-68.
- Örs, Y., Atar, M., Peker, H., 1999. Bazı Emprenye Maddelerinin Sarıçam ve Doğu Kayını Odunlarının Yoğunluklarına Etkileri, Tr. J. Of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı:5, 1169-1179, Tübitak.
- Özçifçi, A., 2005. Ahşap Tutkalları, Basılmamış Ders Notları, Z.K.Ü.Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük.
- Özçifçi, A., Batan, F., 2009. Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi, Politeknik Dergisi, 12.4.
- Özkan S., 2012. Kayın (*Fagus Orientalis L.*) Kerestesinde Eğilme Özelliklerinin Tahribatsız Yöntemle Tespiti, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 75s, Isparta.
- Peker, H., Atar, M., Uysal, B., 1999. Ağaç Malzemede Yanmayı Geciktirici ve Su İtici Kimyasal Maddelerin Eğilme Direncine Etkileri, P.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5.1, 975-983.
- Perçin, O., Ayan, S., 2012. Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemede Vida Çekme Direncinin Belirlenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Cilt 1, No 1, 57-68.

- Richardson, B.A., 1987. Wood Preservation, The Construction, 186 pp. Lancaster, England.
- Rowell, R.M., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press, ISBN 0-8493-1588-3, New York, USA.
- Sönmez, A., Budakçı, M., 2001. Tahta Koruyucunun Dış Cephe Verniklerinin Yapıma Direncine Etkisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt: 14, No: 2, 305-314, Ankara.
- Şen, S., Hafızoğlu, H., 2001. Ahşap korumada kullanılan bazı kimyasalların çevreye etkileri, Ulusal Sanayi – Çevre Sempozyumu ve Sergisi, 25-27 Nisan 2001, 753-758, Mersin.
- Şen, S., Yalçın, M., 2011. Meşe Palamudu (*Quercus ithaburensis* Decne subsp *macrolepis*) atıklarının *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex.Fr.) Kummer üretiminde kullanılması, Ekoloji Dergisi, 20-78, 60-65.
- Şimşek, H., 2009. Ülkemiz için yeni bazı borlu bileşiklerin ağaç malzemenin yoğunluk, mekanik özellikler, biyolojik direnç ve üst yüzey özellikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 122s, Muğla.
- Şimşek, H., Baysal, E., Toker, H., Göktaş, O., Çolak, M., Yılmaz, F., Peker, H., 2009. IV. Uluslararası Bor Sempozyumu IV International Boron Symposium, 15-17 / Ekim / October, 2009, IBS, ISBN: 978-9944-89-790-7, Eskişehir.
- Şimşek, H., Baysal, E., Peker, H., 2010. Some Mechanical Properties And Decay Resistance Of Wood Impregnated With Environmentally-Friendly Borates, Construction and Building Materials, 24, 2279-2287.
- Taşçıoğlu, S., 1992. Bor ve Silisyum Kimyası, Marmara Üniversitesi Yayınları, 515.
- Temiz, A., Yıldız, Ü. C., Gezer, E. D., Yıldız, S., Dizman, E., 2004. Bakır içeren emprenye maddelerinin odunla olan etkileşimi, AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi, 204-211, Artvin.
- Toker, H., 2007. Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel Mekanik Ve Biyolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73-88, 213s, Ankara.
- TS 2472, “Odununda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini”, TSE Standartları, Ankara, 1-12 (1976).
- TS 2474, “Odunun Statik Eğilmede Dayanımının Tayini”, TSE Standartları, Ankara, (1976).
- TS EN 13446, Wood-based panels – Determination Of Withdrawal Capacity Of Fasteners, T.S.E. Standardı, Ankara ( 2005).

- TS EN 205, “Yapıştırıcılar -Yapısal Olmayan Uygulamalar İçin Ahşap Yapıştırıcılar Bindirmeyle Yapıştırılmış Eklerin Çekmeyle Kayma Mukavemetinin Tayini”, TSE Standartları, Ankara, 1-7 (2004).
- TS 2595, “Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı”, TSE Standartları, Ankara, (1976).
- Tümsek, M., 1987. Emprenye maddeleri ile İlgili Standart Test Metotları ve Türkiye’de Emprenye Maddeleri Üretimi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 166s, Trabzon.
- URL-1, [www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar](http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar) 2015.
- URL-2, [www.etimaden.gov.tr](http://www.etimaden.gov.tr) T.C. Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Resmi Web Sitesi, 2006.
- URL-3, [www.boren.gov.tr](http://www.boren.gov.tr), T.C. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (Boren) Resmi Web Sitesi, 2009.
- URL-4, <http://tr.scribd.com/doc/27007581/bitkisel-tabaklama#scribd>, 2015.
- URL-5, <http://www.asmmarketing.com/PolidolKatalog.pdf>, 2015.
- URL-6, <https://www.csb.gov.tr/birimfiyat>, 2015.
- Uysal, B., Sönmez, A., Atar, M., Özçifçi, A., 1999. Ağaç Malzemede Renk Açma İşlemleri ve Verniklerin Renk Değiştirici Etkileri. Tr.J.of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı 4, 849(854)
- Uysal, B., 2005. Ağaç Malzeme Ders Notları, , Z.K.Ü.Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük.
- Uysal, B., Kurt, Ş., 2005. Borlu Bileşiklerle Emprenye Edilmiş Kayın ve Sarıçam Ağaçlarının Yanma Özellikleri, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, sayfa 33, Ankara.
- Uysal, B. ve Kurt, Ş. 2005. Yanmayı Geciktirici Bor İçerikli Emprenye Maddelerinin Ahşap Malzemenin Yapışma Direncine Etkisi, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, sayfa 43, Ankara.
- Winandy, J. E., Morell, J. J.,1990. Protection of Wood Design in Adverse Environments, In: Proceedings of I. Forest Product, 354-359.
- Yalınkılıç, M.K., Baysal, E., Demirci, Z.,1995. Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızılçam Odununun Higroskopisitesi Üzerine Etkileri, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1: 2-3, 161-168, Denizli.

- Yamaguchi, H., 2003. Silicic acid: boric acid complexes as wood preservatives. Wood Sei Technology, 37,287-297.
- Yaşar, M., 2014. Doğal Emprenye Maddeleri ile Emprenye Edilmiş Ahşap Malzemelerin Açık Hava Şartlarında Bekletilerek Sonuçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 154s, Ankara.
- Yıldız, Ü., Tan, H., Özbayram, M., Peker, H., 2004. Çeşitli Borlu Bileşiklerin Okaliptus (Eucalyptus Camaldulensis Dehn.) Odununun Boyutsal Stabilizasyonu Üzerine Etkileri, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, Artvin.
- Yuca, B., 2010. Borik Asit İlave Edilen Bazı Tutkalların Ağaç Malzemenin Yanma ve Yapışma Direncine Etkilerinin Belirlenmesi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Karabük.

## ÖZGEÇMİŞ

01.06.1978 yılında Trabzon'da doğan Hakan ADANUR beş çocuklu bir ailenin üçüncü çocuğudur. Babasının görevi nedeni ile ilköğrenimini farklı illerde tamamladıktan sonra liseyi Trabzon Fatih Lisesi'nde 1995 yılında tamamladı. 1996 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü kazanarak 2000 yılında buradan mezun oldu. Askerlik hizmetini kısa dönem olarak tamamladıktan sonra özel sektörde farklı firmalarda çalıştı. Ocak 2011'den itibaren Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu'nda Tasarım Bölümü'nde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk sahibi olan ADANUR orta seviyede İngilizce bilmektedir.