

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİLİKON BAZLI KİMYASAL MADDELERLE EMPRENYE İŞLEMİNİN ODUNUN
BAZI FİZİKSEL, MEKANİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. Ceyhun KILIÇ

HAZİRAN 2012

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİLİKON BAZLI KİMYASAL MADDELERLE EMPRENYE İŞLEMİNİN ODUNUN
BAZI FİZİKSEL, MEKANİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Orm. End. Müh. Ceyhun KILIÇ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29.05.2012
Tezin Savunma Tarihi : 13.06.2012**

Tez Danışmanı :Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Yüksek Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Ceyhun KILIÇ tarafından hazırlanan

SİLİKON BAZLI KİMYASAL MADDELERLE EMPRENYE İŞLEMİNİN ODUNUN
BAZI FİZİKSEL, MEKANİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29 / 05 / 2012 gün ve 1458 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ

Üye : Doç. Dr. Ali TEMİZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Derya USTAÖMER

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Silikon Bazlı Kimyasal Maddelerle Emprenye İşleminin Odunun Bazı Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenerek, her türlü çalışmanın yürütülmesi esnasında yardım ve desteklerini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında karşılaşılan sorunların aşılmasında fikirlerinden yararlandığım, gerek mesleki gerekse de kişilik açısından daima örnek alacağım Sayın Hocam Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ’a, bilgi, tecrübe ve tavsiyelerinden istifade ettiğim, hem laboratuvar hem de yazım aşamasında beni bir dakika bile yalnız bırakmayan Dr. Eylem DIZMAN TOMAK’ a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma boyunca tavsiyelerinden yararlandığım ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olduklarını hissettiğim sevgili Yrd. Doç. Dr. Derya USTAÖMER, Arş. Gör. Elif TOPALOĞLU ve Dr. İbrahim YILDIRIM ile laboratuvar çalışmalarında ellerinden gelen yardımı esirgemeyen çok sevgili arkadaşlarım Orman End. Yük. Müh. Ahmet CAN ve Mehmet Ali AYDIN’a şükranlarımı bir borç bilirim. Ayrıca tezimde adı geçen kimyasal maddelerin teminini sağlayan Dow Corning firmasına, Jean-Paul LECOMTE, Rüştü YEMEZ ve İbrahim KÖSE’ ye, odun örneklerimi sabır, nezaket ve büyük bir özveriyle hazırlayan Orman Endüstri Mühendisliği Uygulama Atölyesi çalışanlarına da teşekkür ediyorum.

Beni bugünlere getiren her anımda koşulsuz sevgi ve desteğini gösteren canım ailem ile müthiş sabrı, güveni ve sevgisiyle her daim yanımda olan benim için vazgeçilmez bir değere sahip Elif ÇAĞLAYAN’ a sonsuz minnet duygularımı ifade etmek isterim.

Tezimi, öncelikle sevgili aileme, Elif ÇAĞLAYAN’ a ve Dr. Eylem DIZMAN TOMAK’ a ithaf ediyorum.

Ceyhun KILIÇ
Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Silikon Bazlı Kimyasal Maddelerle Emprenye İşleminin Odunun Bazı Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Sayın Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ’ ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/05/2012

Ceyhun KILIÇ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
TABLolar LİSTESİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Odunsu Hücre Çeperinin Yapısı	2
1.3. Bozunmanın Mekanizması	3
1.4. Odun - Su İlişkileri ve Odunun Çalışması	4
1.4.1. Odunun Çalışma Mekanizması	4
1.4.2. Odun Su İlişkilerini Azaltıcı ve Çalışmayı Önleyici Yöntemler	5
1.5. Biyotik ve Abiyotik Zararlılar.....	7
1.5.1. Mantar Zararlıları	7
1.5.2. Hayvansal Zararlılar.....	8
1.6. Emprenye ve Emprenye Yöntemleri.....	8
1.7. Odun Modifikasyonu	12
1.7.1. Odun Modifikasyonun Gerekçesi	12
1.7.2. Modifikasyon Yöntemleri	14
1.7.2.1. Kimyasal Modifikasyon Yöntemleri.....	14
1.7.2.2. Fiziksel Modifikasyon Yöntemleri	15
1.7.2.2.1. Su İtici Yöntemler	15
1.7.2.2.2. Hücre Çeperinin Genişletilmesini Sağlayan Yöntemler	15
1.7.2.2.3. Odun Polimer Kompozitleri (OPK)	15
1.7.2.3. Termal Modifikasyon Yöntemleri	16
1.8. Silikon	16

1.8.1.	Silikonun Tanımı ve Özellikleri.....	17
1.9.	Literatür Çalışması.....	18
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	27
2.1.	Deneme Materyali.....	27
2.1.1.	Ağaç Malzeme.....	27
2.1.1.1.	Doğu Kayını.....	27
2.1.1.2.	Doğu Ladini.....	28
2.1.2.	Örneklerin Hazırlanması.....	30
2.1.3.	Emprenye Maddeleri.....	30
2.1.3.1.	Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent).....	30
2.1.3.2.	Dow Corning (R) Z-6341 Silan.....	31
2.1.3.3.	Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon.....	31
2.1.3.4.	Dow Corning (R) IE 6683.....	31
2.1.3.5.	Dow Corning (R) Z70 Emülsiyon.....	32
2.2.	Araştırma Yöntemi.....	32
2.2.1.	Emprenye İşlemi.....	32
2.2.2.	Fiziksel Test Yöntemleri.....	33
2.2.2.1.	Tam Kuru Haldeki Özgül Ağırlık Değerinin Belirlenmesi.....	33
2.2.2.2.	Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerinin Belirlenmesi.....	34
2.2.3.	Mekanik Test Yöntemleri.....	36
2.2.3.1.	Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi.....	36
2.2.3.2.	Dinamik Eğilme (Şok) Direncinin Belirlenmesi.....	37
2.2.4.	Biyolojik Özellikler.....	37
2.2.4.1.	Mantar Çürüklük Dayanımının Belirlenmesi.....	37
2.3.	İstatistiksel Yöntemler.....	39
3.	BULGULAR.....	40
3.1.	Fiziksel Özellikler.....	40
3.1.1.	Özgül Ağırlık Değerlerine İlişkin Bulgular.....	40
3.1.2.	Su alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular.....	43
3.2.	Mekanik Özellikler.....	51
3.2.1.	Liflere Paralel Basınç Direnci (LPBD) Değerlerine İlişkin Bulgular.....	51
3.2.2.	Şok Direnci Değerlerine İlişkin Bulgular.....	53
3.3.	Biyolojik Özellikler.....	56

3.3.1.	Mantar Çürüklük Dayanımı Değerlerine İlişkin Bulgular	56
4.	İRDELEME	60
4.1.	Fiziksel Özelliklerin İrdelenmesi	60
4.1.1.	Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Üzerine Etkisi	60
4.1.2.	Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi	63
4.2.	Mekanik Özelliklerin İrdelenmesi.....	74
4.2.1.	Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Liflere Paralel Basınç Direnci Değerleri Üzerine Etkisi	74
4.2.2.	Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Şok Direnci Değerleri Üzerine Etkisi	75
4.3.	Biyolojik Özelliklerin İrdelenmesi.....	78
4.3.1.	Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Mantar Çürüklük Dayanımı Üzerine Etkisi	78
5.	SONUÇLAR	81
5.1.	Fiziksel Özelliklere Ait Sonuçlar	81
5.1.1.	Özgül Ağırlık Değerlerine Ait Sonuçlar	81
5.1.2.	Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerine Ait Sonuçlar	81
5.2.	Mekanik Özelliklere Ait Sonuçlar	82
5.2.1.	Liflere Paralel Basınç Direncine Ait Sonuçlar	82
5.2.2.	Şok Direncine Ait Sonuçlar	82
5.3.	Biyolojik Özelliklere Ait Sonuçlar	83
5.3.1.	Mantar Çürüklük Dayanımına Ait Sonuçlar	83
6.	ÖNERİLER.....	84
7.	KAYNAKLAR	86

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

SİLİKON BAZLI KİMYASAL MADDELERLE EMPRENYE İŞLEMİNİN ODUNUN
BAZI FİZİKSEL, MEKANİK VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Ceyhun KILIÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ
2012, 92 Sayfa

Tez kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde doğal olarak yetişen ve orman ürünleri sanayinde yoğun olarak kullanılan doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ve doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odun örnekleri silikon bazlı emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş ve emprenye sonrasında odun özelliklerinde meydana gelen değişiklikler bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik test yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada silikon bazlı emprenye maddeleri olarak Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent), Dow Corning (R) Z-6341 Silan, Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon, Dow Corning (R) IE 6683 ve Dow Corning (R) Z70 seçilmiş ve bu maddelerin %10 ve %50 konsantrasyonları ile odun örnekleri emprenye edilmiştir. Fiziksel özelliklerden özgül ağırlık, su alma oranı ve su itici etkinlik; mekanik özelliklerden liflere paralel basınç direnci ve şok direnci; biyolojik özelliklerden de esmer çürüklük mantarı olan *Coniophora puteana* mantarı kullanılarak mantar çürüklük testi yapılmıştır. Sonuç olarak, silikon bazlı emprenye maddeleriyle gerçekleştirilen emprenye işleminin odunun su alma oranını önemli ölçüde azaltmadığı tespit edilmiştir. Ancak kontrol örneklerine kıyasla bir miktar su itici etkinlik sağlanmıştır. Emprenye edilen örneklerin liflere paralel basınç direnci kontrol örneklerine yakın bulunmuştur. Ancak emprenye edilen örneklerin şok direncinde azalmalar olduğu gözlenmiştir. Silikon bazlı emprenye maddeleri, *C. puteana* mantarının saldırısına karşı odunda iyi bir biyolojik dayanım sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğu Kayını, Doğu Ladini, Emprenye, Silikon.

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF IMPREGNATION WITH SILICON BASED COMPOUNDS ON SOME PHYSICAL, MECHANICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF WOOD

Ceyhun KILIÇ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Umit Cafer YILDIZ
2012, 92 Pages

In this thesis, the effect of impregnation with silicon based compounds on some physical, mechanical and biological properties was investigated of spruce (*Picea orientalis* L.) and beech (*Fagus orientalis* L.) wood species spreading widely at East Blacksea Region of Turkey. As a silicon based compounds, Dow Corning (R) 1-6184 (Water Repellent), Dow Corning (R) Z-6341 Silan, Dow Corning (R) 2-9034 EU Emulsion, Dow Corning (R) IE 6683 and Dow Corning (R) Z70 were chosen. Wood specimens were impregnated with these compounds having concentrations of 10% and 50%. As physical properties; density (g/cm^3), water absorption rate (%) and water repellent efficiency (%) as mechanical properties; compression strength parallel to grain (N/mm^2) and shock strength (J/cm^2) as biological properties; decay test using a brown rot fungi, *C. puteana* were performed on both treated and untreated specimens. As a result of the study, impregnation of wood with silicon based formulations did not decrease water absorption rate (%) considerably. However, treated specimens showed slightly higher water repellent efficiency (%). Compression strength parallel to grain of treated specimens was nearly similar to untreated specimens whilst, shock strength of treated specimens was relatively lower than that of untreated specimens. Silicon based formulations increased biological resistance of wood against to *C. puteana* attack.

Key Words: Beech, Spruce, Impregnation, Silicon Compounds.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.	Odun hemiselüloz (Hemi), holoselüloz (Holo), klason lignini (Lig) ve masif oduna ait sorpsiyon izotermi	5
Şekil 2.	Su iticilik ve boyutsal stabilizasyon uygulanmış odunlarda genişleme-zaman grafiği.....	6
Şekil 3.	Dolu hücre yöntemi genel uygulama diyagramı	9
Şekil 4.	Laboratuar tipi silindirik emprenye kazanı	33
Şekil 5.	Su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerinin belirlenmesi.....	35
Şekil 6.	Liflere paralel basınç deneyinin gerçekleştirilmesi	36
Şekil 7.	Deneyde kullanılan test örneğinin deney öncesi ve deney sonrasındaki durumu	37
Şekil 8.	EN 113 mantar çürüklük testinin uygulanışı.....	38
Şekil 9.	Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direnci test örneklerinin ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim	60
Şekil 10.	Emprenye edilen ladin ve kayın örneklerinin kontrol örneklerine göre özgül ağırlık değerlerindeki (g/cm^3) değişim	62
Şekil 11.	SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin emprenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı (%) değerlerindeki değişim	63
Şekil 12.	1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	64
Şekil 13.	1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	64
Şekil 14.	Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	66
Şekil 15.	Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	66
Şekil 16.	2-9034 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	68
Şekil 17.	2-9034 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	68
Şekil 18.	IE-6683 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	70
Şekil 19.	IE-6683 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	70

Şekil 20.	Z-70 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	72
Şekil 21.	Z-70 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim	72
Şekil 22.	Emprenye edilen ladin ve kayın örneklerinin kontrol örneklerine göre liflere paralel basınç direnci değerlerindeki (N/mm^2) değişim	74
Şekil 23.	Şok direnci test örneklerinin ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim	76
Şekil 24.	Emprenye edilen ladin ve kayın örneklerinin kontrol örneklerine göre şok direnci değerlerindeki (J/cm^2) değişim	77
Şekil 25.	Mantar çürüklük testi örneklerinin ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim ...	78
Şekil 26.	Mantar çürüklük testi sonrasında örneklerin ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim	79

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direnci örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)	40
Tablo 2. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları	40
Tablo 3. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları.....	41
Tablo 4. Ladin ve kayın test örneklerine ait ortalama özgül ağırlık değerleri (g/cm ³).....	41
Tablo 5. Ladin ve kayın örneklerinin özgül ağırlık değerlerine ilişkin BVA sonuçları...	42
Tablo 6. Özgül ağırlık değerlerine ilişkin Duncan homojenlik grupları	42
Tablo 7. SAO ve SİE örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)	43
Tablo 8. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları	43
Tablo 9. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları.....	44
Tablo 10. 1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%)SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri	45
Tablo 11. Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri	46
Tablo 12. 2-9034 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri	47
Tablo 13. IE-6683 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri	48
Tablo 14. Z-70 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri	49
Tablo 15. SAO ve SİE değerlerinin (%) Çoğul Varyans Analizinde (ÇVA) tekrarlı ölçümler analizi sonuçları.....	50
Tablo 16. SAO ve SİE değerlerine (%) ait Duncan homojenlik grupları.....	51
Tablo 17. Ladin ve kayın odunu örneklerinin liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm ²)	52
Tablo 18. Liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm ²) değerlerine ilişkin BVA sonuçları.....	52
Tablo 19. Liflere paralel basınç direnci değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları	53
Tablo 20. Şok direnci örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)	53

Tablo 21. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları	54
Tablo 22. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları	54
Tablo 23. Ladin ve kayın test örneklerine ait ortalama şok direnci değerleri (J/cm ²).....	55
Tablo 24. Ladin ve kayın örneklerinin şok direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları	55
Tablo 25. Şok direnci değerlerine ilişkin Duncan homojenlik grupları	56
Tablo 26. Mantar çürüklük testi örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)	56
Tablo 27. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları	57
Tablo 28. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları	57
Tablo 29. Ladin ve kayın test örneklerine ait ortalama ağırlık kaybı değerleri (%)	58
Tablo 30. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık kaybı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları	58
Tablo 31. Ağırlık kaybı değerlerine ilişkin Duncan homojenlik grupları	59

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odun hammaddesi, dünyadaki yenilenebilen kaynaklardan elde edilen en değerli hammaddelerden biri olduğu gibi aynı zamanda eşsiz bir biyolojik polimerdir. Ahşap malzeme, diğer alternatiflerine göre sayısız üstünlüklere sahiptir. Birçok farklı iklim koşullarına dayanabilir. Değişken hava koşullarından diğer malzemeler kadar etkilenmez. Kullanım skalası oldukça geniştir, onarımı ve değişmesi kolaydır. Ağırlığına oranla yüksek direnç özelliklerine sahiptir. Isı, ses ve elektrik yalıtımına olanak sağlar. Estetik ve görünüm özelliklerine sahiptir. Çevre ile kimyasal bir dengededir ve çevreden etkilenmediği gibi çevreyi de etkilemez. Doğada geri dönüşümü mümkündür ve enerji dostudur. Ancak her madde gibi odunun da sakıncalı yönleri vardır. Öncelikle odun, içerisindeki rutubet ile bulunduğu ortamdaki nem arasında sürekli denge kurmak zorunda olduğundan biçim ve boyutsal olarak stabil kalamamaktadır. Böcek ve mantar gibi zararlıların konukçusu olarak daima tehdit altındadır. Kuvvetli asit ve bazlar odunu tahrip eden diğer önemli etkenlerdendir. Bu gibi olumsuzluklardan ötürü ahşap malzeme kullanım ömrünün çok altında bir dayanım göstermektedir. Bu durum orman varlığı ve ülke ekonomisine de önemli ölçüde etki etmektedir.

Bu sakıncaları ortadan kaldırmak ve odun kullanım süresini daha da artırmak için odun emprenye edilerek kullanılmaktadır. CCA ve kreozot gibi önemli emprenye maddeleri hızla kullanılmaya başlanmıştır. Dayanım olarak oduna olumlu etki yapan bu maddeler, içerdiği zehirli maddelerden ötürü çevreye de olumsuz etkide bulunmaktadır. Çevresel duyarlılığın artması ve teknolojinin de gelişmesiyle emprenye işlemi yerini kimyasal modifikasyona bırakırken zehirli kimyasal kullanımı da terkedilmiştir. Çevreyle dost olan yeni maddeler kimyasal modifikasyonla denenmeye başlanmıştır. Bu alanda gerek su iticilik gerekse çevreye dost olmasından dolayı silan grupları tercih edilmekte ve kullanılmaktadır. Bu çalışmada odun, farklı özellikteki silikon bazlı kimyasallarla muamele edilmiş ve emprenye edilen odun örneklerinin fiziksel, mekanik ve biyolojik dayanım özellikleri üzerinde durulmuştur.

1.2. Odunsu Hücre Çeperinin Yapısı

Lignoselülozik yapı gösteren odunsu maddeler üç boyutlu, polimerik bileşikler olup selüloz, hemiselüloz, lignin ve bir miktar ekstraktif maddeden oluşmaktadır. Bu bileşiklere ek olarak yapısında bir miktar da kül ihtiva etmektedir (Rowell, 1990). Odunsu hücre çeperi yaklaşık olarak %50 selüloz, %20–35 hemiselüloz , %16–33 lignin içermektedir (Hafizoğlu, 1987). Bu bileşenlerden biri olan selüloz moleküllerinin odundaki lifler yönünde uzanması, beraberinde odun-su ilişkilerini getirmekte ve odun koruma alanında çok büyük bir önem arz etmektedir. Bir selüloz molekülünde ortalama 10.000 glikoz anhidrit birimi bulunur. Her glikoz anhidrit biriminde üç adet serbest hidroksil OH^- grubu vardır. Selüloz molekülünü oluşturan glikoz birimlerinin içerdiği higroskopik hidroksil grupları nedeni ile selüloz molekülleri suyu kendine bağlama yeteneğine sahiptir. Selüloz molekülleri düzenli ve düzensiz olmak üzere ard arda dizilen iki farklı yapı gösteren bölgeden oluşur. Düzenli kısımlardan düzensiz kısma geçiş belirgin olmayıp kademelidir. Selüloz moleküllerinin aynı yönlü ve birbirine sıkı kenetlendiği kısımlara kristal ya da kristalit kısım denilmektedir. Kristal kısımlar arasında selüloz moleküllerinin düzensiz olarak bir araya geldiği amorf kısımlar bulunur. Odunun su alarak şişmesi, suyun boşluklardan içeri girip kristal ve amorf bölgelerdeki serbest OH^- gruplarını etkileyerek monomoleküler tabakalar oluşturması ve daha sonra mikrofibriller arasındaki boşlukları genişletmesi sonucu meydana gelir (Berkel, 1970). Çeperin her tabakasının bileşimi hala tam olarak bilinmemektedir. Primer çeper ve orta lamel başlıca lignin ile bir miktar selüloz ve hemiselülozdan oluşmuştur. Üç tabakadan oluşan sekonder çeperin primer çepere bitişik S_1 tabakasının yaklaşık yarısı lignin; yarısı selüloz ve hemiselülozdur. Selüloz zincirleri sağa sola spiral olarak kafes şeklinde dizilmişlerdir. Tabakada fibril açısı $50-70^\circ$ 'dir. S_2 tabakası, hücre çeperinin en kalın tabakası olup en yüksek selüloz içeriğine sahiptir. Bu tabakada selüloz zincirleri lifler yönüne neredeyse paralel dizilmiş olup, eksene göre açı $10-30^\circ$ 'dir. S_3 tabakası S_1 'den daha ince ve daha gevşek bir yapıya sahip olup, mikrofibrillerin hücre eksenine ile yaptığı açı $50-90^\circ$ arasında değişir (Hafizoğlu, 1987).

1.3. Bozunmanın Mekanizması

Hücre çeper polimerleri hidrojen bağları ile rutubeti çeken hidroksil ve diğer oksijen içeren gruplardan oluştuğundan, odun rutubetin değişmesiyle boyutlarını değiştirir. Hemiselülozlar esas olarak bu rutubet sorpsiyonundan sorumludur. Ancak, reaksiyona yatkın selüloz, kristal olmayan selüloz, lignin ve kristal selülozun yüzeyleri de bu sorpsiyonda büyük bir rol oynar. Bu rutubet hücre çeperini genişletir ve odun hücre çeperi su ile doygun hale gelinceye kadar su almaya devam eder. Su bu doyma noktasının üstünde odun boşluklarına girer ve odunda genişleme görülmez. Bu işlem tersinirdir, odun rutubet kaybettiğe daralır (Rowell, 1988a). Organizmaların hücre çeperindeki karbonhidrat polimerlerini (başlıca hemiselülozlar) tanımaları ve sindirim organlarında bu polimerleri hidrolize edebilen spesifik enzim sistemlerine sahip olmaları nedeniyle odun biyolojik olarak bozunabilir. Kristal selüloz odun direncinden sorumlu olduğundan, yüksek moleküler ağırlıklı selülozun biyolojik olarak odunu zayıflatır. Selüloz polimeri oksidasyon, hidroliz ve dehidrasyon reaksiyonlarıyla bozunmaya uğradıkça direnç azalır. Aynı tip reaksiyonlar asit ve bazların varlığında da meydana gelir. Dış koşulların etkisine maruz kalan odun UV ışınları nedeniyle fotokimyasal bozunmaya uğrar. Bu bozunma, karakteristik renk değişikliklerinden sorumlu olan lignin bileşeninde gerçekleşir. Lignin selüloz liflerini bir arada tutarak odunda bir yapıştırıcı rolü oynar. Odun yüzeyleri lignin bozunması sonucu selülozca zengin hale gelir. Ligninle kıyaslandığında selüloz UV bozunmasına karşı daha az hassastır. Bu zayıf bağlanmış lifler (selüloz birimleri) yağmurla yüzeylerden yıkanarak, yeni lignin bileşenlerinin bozundurucu reaksiyonlara maruz kalmasına sebep olur. Zamanla bu dış hava koşulları odun yüzeyini pürüzlü hale getirir ve yüzey liflerinde önemli kayıplara neden olur. Odunda sıcaklığın artmasıyla hücre çeper polimerlerinin piroliz reaksiyonuna uğrayarak uçucu, yanabilen gazların açığa çıkarması nedeniyle odun yanar. Hemiselüloz ve selüloz polimerleri ısıyla ligninden daha önce bozunmaya uğrar. Lignin bileşeni kömürleşme meydana getirir. Kömürleşme tabakası daha ileri bir termal bozunmadan odunu korumaya yardım eder. Bu tip bozunmaların kimyasal karakterli olması nedeniyle, odun hücre çeper polimerlerinin temel kimyasını modifiye ederek bunları bertaraf etmek veya bozunma hızını azaltmak mümkün olabilecektir. Kimyasal modifikasyon teknolojisi odun özelliklerini büyük ölçüde arttırabilir (Rowell, 1988).

1.4. Odun - Su İlişkileri ve Odunun Çalışması

Odun geniş ölçüde gözenekli bir yapıya sahip olduğundan bünyesinde su tutabilmektedir. Su odunda iki farklı yerde bulunur. Bunlardan ilki lümen adı verilen ve genellikle gözle ya da sıradan mikroskoplarla görülebilen hücre boşluklarıdır. İkinci kısım ise submikroskopik yapıda, çıplak gözle görülmeyen hücre çeperi içerisindeki miseller ve fibriller arası boşluklardır. Bu boşluklardan biri olan lümende bulunan suya “serbest su” ikinci kısımdaki yani hücre çeperi içerisinde suya ise “bağlı su” adı verilir (Yıldız, 1988).

Taze halde oldukça fazla miktarda su ihtiva eden odun, kurumaya bırakıldığında, bünyesinden öncelikle serbest su buharlaşmaktadır. Odunda serbest suyun tamamen buharlaştığı ve sadece hücre çeperi içerisindeki bağlı suyun bulunduğu duruma odunun “lif doygunluk noktası” (LDN) denilmekte ve bu noktadaki ortalama rutubet derecesi %28 olarak kabul edilmektedir. Odun %0 rutubet derecesi yani tam kuru hal ile, lif doygunluk noktası adı verilen %28 rutubet derecesi arasında, bünyesine su alarak genişleyebilmekte veya bünyesinden su vererek daralabilmektedir. Boyutlarda ve hacimde meydana gelen bu daralma ve genişlemeye “odunun çalışması” denilmektedir (Berkel, 1970).

1.4.1. Odunun Çalışma Mekanizması

Odun doğal bir malzeme olduğu için çalışır. Bu çalışma temel olarak iki sebepten ötürüdür:

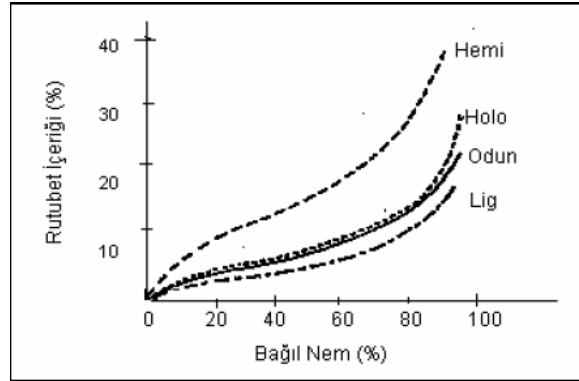
1. Odunun yapısında bulunan ve higroskopik özellik gösteren serbest hidroksil (OH^-) gruplarının varlığı.
2. Odunun misel yapısı nedeniyle çok geniş bir iç yüzeye sahip bulunuşu (Berkel, 1972).

Odunun çalışması hücre çeperi içerisinde bulunan bağlı suyla ilgili olduğundan, odunsu hücre çeperi içindeki bağlı suyun hangi şekillerde tutulduğu önem arz etmektedir. Odunsu hücre çeperi içindeki bağlı su üç ayrı şekilde tutulmaktadır;

1. Organik madde olması nedeniyle odunsu hücre çeperinin yapısında bulunan suyun odunun kimyasal yapısının değiştirilmeden çıkartılması mümkün değildir,
2. Hücre çeperinin iç yüzeyine bağlı su,
3. Hücre çeperi içerisindeki kapiler boşluklarda kondanese halde bulunan su.

Sorpsiyon olayında yukarıda ikinci ve üçüncü maddelerde belirtilen durumlar önemlidir (Berkel, 1970).

Selüloz, hemiselüloz ve ligninin su sorpsiyon miktarları farklıdır. Şekil 1’de de görüldüğü üzere hemiselüloz selülozdan, selüloz da ligninden daha higroskopiktir (Rowell, 1988b).



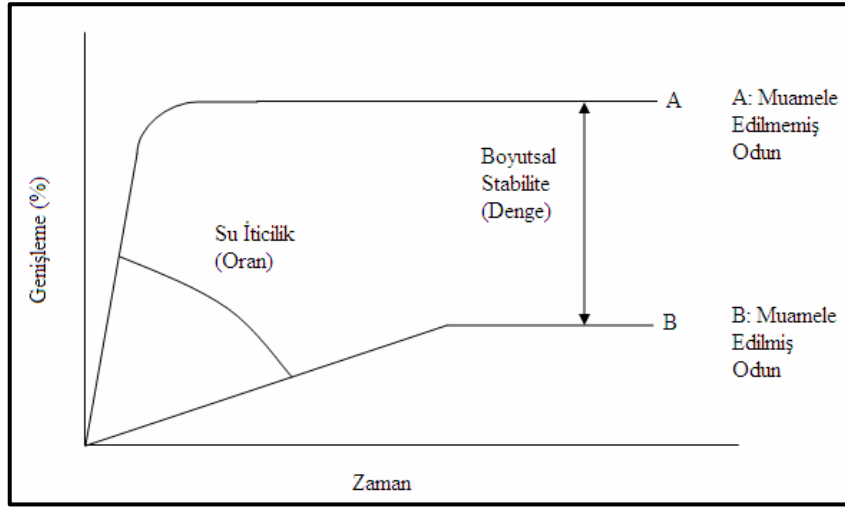
Şekil 1. Odun hemiselüloz (Hemi), holoselüloz (Holo), klason lignini (Lig) ve masif oduna ait sorpsiyon izotermleri

Buradan selüloz ve hemiselülozun odunun su (rutubet) alışından başlıca sorumlu olduğu ortaya çıkmaktadır (Hafızoğlu, 1990). Hidroksil gruplarının hepsi rutubetten etkilenmemektedir. Sumi vd. (1964), ladin odunlarındaki hidroksil gruplarının sadece %60’ının; huş odunlarındaki hidroksil gruplarının ise sadece %53’nün suya karşı duyarlı olduğunu ortaya koymuşlardır (Sumi, 1964). Stamm odundaki selülozun %65’nin kristalen yapıda olduğu ve bu sebeple suya karşı duyarlı olmadığı sonucuna varmıştır (Stamm, 1964). Yapılan çalışmalar ile toplam su sorpsiyonunun %47’sinin selülozdan, %37’sinin hemiselülozdan ve %16’sının ligninden kaynaklandığını tespit edilmiştir (Rowell, 1988).

1.4.2. Odun Su İlişkilerini Azaltıcı ve Çalışmayı Önleyici Yöntemler

Daha öncede açıklandığı üzere, ihtiva ettiği çok sayıdaki hidroksil grupları ve çok geniş iç yüzeyi sebebiyle higroskopik yapıda olan odun, özellikle % 0–28 rutubet dereceleri arasında, bünyesinden su vererek ya da bünyesine su alarak hacmini ve boyutlarını değiştirebilmekte ve “çalışma” adı verilen bu durum ağaç malzemenin en sakıncalı özelliklerinden birini meydana getirmektedir (Yıldız, 1988).

Su iticilik ve boyut stabilizasyonu literatürde çoğu kez birbiriyle karıştırılan ve aynı anlama geldikleri sanılan iki ayrı kavramdır. Su iticilik bir oranı ifade ederken; boyut stabilizasyonu bir denge durumunu nitelemektedir. Su iticilik sağlayan muameleler, odunun su alımını kontrol etmeye veya önlemeye yöneliktir. Su itici maddeler ile muamelede, odunun hücre çeperinin kimyasal konfigürasyonunu değiştirmeye veya odunu en genişlemiş haline getirmeye yönelik bir yaklaşım söz konusu olmadığından odunun nihai genişleme derecesi normal odunla aynı kalmakta; ancak, bu nihai genişleme derecesine ulaşmak için geçmesi gereken zaman artmaktadır. (Şekil 2).



Şekil 2. Su iticilik ve boyutsal stabilizasyon uygulanmış odunlarda genişleme-zaman grafiği

Su itici maddeler ile empenye edilen örnekler, su ile temasa maruz kaldıklarında zamanla muamele edilmemiş odun gibi su alıp şişmektedir. Ancak, normal oduna göre genişleme süresi 5-6 defa daha uzamaktadır (Yıldız 1988). Sıvı fazda su içeren sistemlerde, temas açısının (θ) 90° 'den küçük olduğu yüzeyler hidrofilik (suyu seven), buna karşılık bu açının 90° 'den büyük olduğu yüzeyler hidrofobik (suyu sevmeyen) veya su itici olarak ifade edilir (Rowell ve Banks 1985). Her ne kadar su itici maddeler tam anlamıyla su alımını azaltmasa da, odunun dış hava koşullarında kullanılmasında en etkili maddelerden biridir. Su itici maddeler, odunda mantar ve mikroorganizmaların gelişimi için ihtiyaç duyduğu rutubet miktarını düşürerek, mantarlara ve renklemelere karşı odunu korurlar (Williams ve Feist 1999). Su itici maddelerin odun içindeki derin nüfuzu daha uzun ve etkili bir koruma sağlamaktadır. Vaks, yağ, doğal veya sentetik reçineler gibi su itici

maddeler odunda genellikle kimyasal bir bağ oluşturmamaktadır. Hücre çeperi ile bağ oluşmuşsa bile bunlar zayıf Van der Waals bağlarıdır. Bu maddeler genellikle daldırma veya vakumlu emprenye ile oduna kolaylıkla uygulanabilmektedir. Su itici etkinlikte zamanla meydana gelen azalmaların nedeni, hücre çeperinde depolanan kimyasallar arasındaki Van der Waals bağlarının zamanla zayıflaması ve bunun yerine daha güçlü odun-su hidrojen bağlarının oluşması ve odun yüzeyinde oluşan yıkımlamadır (Koski 2008). Odun koruma alanında yaygın olarak kullanılan fungusit maddeler ile su itici maddelerin birleştirilmesi sonucunda boyutsal kararlılığa sahip ve biyolojik organizmalar ile çatlamalara karşı dayanıklı ürünler elde edilebilir (Archer ve Cui 1997). Boyut stabilizasyonu sağlayan yöntemler ise odunda rutubet hareketi dolayısıyla oluşan genişleme ve daralmayı azaltmaya yönelik ve daha ziyade kimyasal yönden etkili yöntemlerdir. Boyut stabilizasyonu yöntemlerinde odunun kimyasal yapısı modifiye edilebilmektedir (Yıldız, 2002).

1.5. Biyotik Zararlılar

1.5.1. Mantar zararlıları

Klorofile sahip olmayan bakteri ve mantarlar beslenmeleri için gerekli besinleri kendileri yapamamaktadırlar. Bunu diğer bitkilerden sağlayıp yaşanmalarına öyle devam ettirmektedirler. Yaşayan ağaçlardaki canlı dokularına arız olanlara parazit, kesilmiş ya da ölü dokularına arız olanlara ise saprofit mantarlar adı verilmektedir.

Oduna zarar veren mantarlar, odunu tahrip edenler ve renk değişimi yapanlar olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Odunu tahrip edenler hücre çeper bileşenlerini, renk değişimi yapanlar ise hücre boşluğundaki protoplazmayı tüketirler.

Odunu tahrip eden mantarlar üç grupta incelenmektedir:

- Esmer veya kahverengi çürüklük
- Beyaz çürüklük
- Yumuşak çürüklük

Odunda renk değişimine sebep olanlar mantarlar daha çok mavi renklenme mantarları olarak incelenmektedir.

1.5.2. Hayvansal Zararlılar

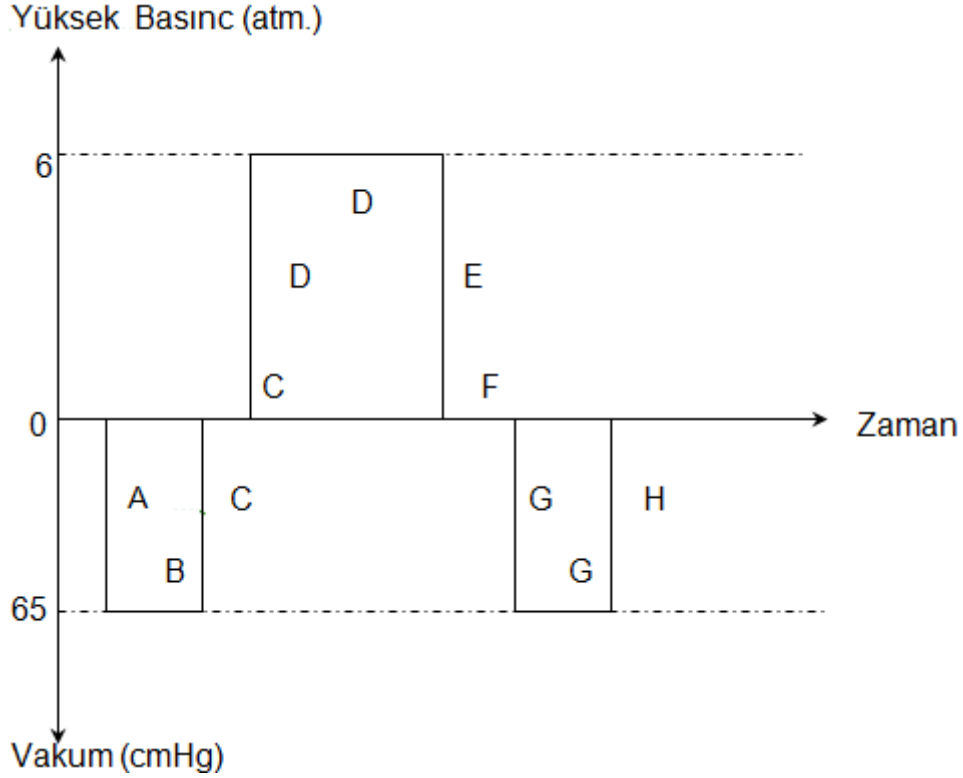
Bütün bu zararlıların yanında oduna bir de hayvansal zararlılar arız olabilmektedir. Tomruk yeni kesilmiş ise kabuk böcekleri, teke böcekleri, kelebekler; tomruk depoda ise teke böcekleri, tersane böcekleri, karıncalar, termitler; Ahşap bina içindeyse ev teke böcekleri, kemirici böcekler, parke böcekleri oduna arız olup odunun kısa sürede yıkımlanmasına neden olmaktadır. Ahşap malzemenin bir diğer kullanım yeri olan su ve deniz içerisindeki ögelerde oyucu midyeler, deniz kabukluları ve ıstakozlar yüzünden tahrip olmaktadır (Örs, 2001).

1.6. Emprenye İşlemi ve Dolu Hücre Emprenye Yöntemi

Emprenye işlemi uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Fakat endüstriyel olarak en büyük gelişme endüstri devriminden sonra olmuştur. 1630 yılı öncesi tarihlerde, Burma, Çin, Mısır, Yunanistan ve İtalya'da önemli ağaç malzeme ve sanat eserlerinin mineral ve bitkisel yağlar ile koruyucu işleme tabi tuttukları görülmüştür. 1657'de Alman kimyager Johann Glauber, önce ağaç malzemeyi yakmak suretiyle kömürleştirmiş, sonra bunun üzerine katran sürmüş, daha sonrada odunun destilasyonu sırasında elde edilen pirolignik asite batırarak bir koruma yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem tarihte ilk araştırılan ve uygulamaya koyulan bir yöntemdir (Yıldız, 2002).

1831'de Fransız Jean Robert Breant ağaç malzemeyi kapalı bir kaptaki basınç uygulamak suretiyle emprenye etme yöntemini ortaya koymuştur. Bu yöntemde önce vakum yapılmakta, daha sonra basınç altında emprenye maddesi ağaç malzeme içerisine verilmektedir. Başlangıçta kreozot uygulanan bu yöntemlerde zamanla tuzlar da kullanılmaya başlanmıştır. Bir diğer önemli yöntem ise 1847 yılında geliştirilen ve çinko klorür kullanılan Burnett yönteminde, ağaç malzeme başlangıçta 1,5 A basınçta 30 dak. süreyle buhar ile muamele edilmektedir. Ancak günümüzde bu emprenye maddesi pek kullanılmamaktadır. İlk defa 1836 yılında maden kömüründen elde edilen kreozotun emprenye endüstrisinde kullanılması fikriyle yola çıkılarak, dolu hücre yönteminin gerçek anlamda patentini alan J. Bethell olmuştur. Bethell yönteminde %12-14 rutubetindeki (hava kurusu hal) ağaç malzeme bir ön buharlama işlemine tabi tutulmadan kreozot ile emprenye edilmekteydi. Günümüzde bu yöntem dünyada en yaygın yöntemlerden biri olup, daha çok suda çözünen emprenye maddeleriyle kullanılmaktadır (Yıldız, 2002).

Ağaç malzemenin dolu hücre yöntemiyle emprenye edilmesine dair diyagram 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Dolu hücre yöntemi genel uygulama diyagramı.

A: Ön vakum uygulaması (65 mmHg),

B: Vakumun maksimumda devamı (20 dakika),

C: Vakumun devam ederken, emprenye çözeltisinin kazana sevkı,

D: Vakumun bitirilip, yüksek basınç uygulamasına geçilmesi ve devam ettirilmesi (1 saat),

E: Yüksek basıncın kaldırılması,

F: Emprenye maddesinin emprenye kazanından geri alınması,

G: Son vakum uygulaması ve devam ettirilmesi (65 mmHg ve 10 dakika),

H: Vakumun kaldırılması ve işlemin sona erdirilmesi

İlk vakum aşaması: Bu aşamada emprenye edilecek odunun hücrelerinde (özellikle hücre lümenlerinde) bulunan hava vakum yapılarak dışarıya alınmaktadır. Birçok yöntemin standardında vakum göstergesinde “-0,84 bar” veya 635 mmHg değerini görmek ve bu

değeri ağaç türü, ağaç malzeme kalınlığı ve özgül ağırlığına göre 15 dak. ile 1 saat arasında sabit tutmak yeterli olmaktadır.

Emprenye çözeltisinin kazana sevk edilmesi aşaması: Emprenye çözeltisinin kazana sevkini ilk vakum devam ederken olmalıdır. Buna dikkat edilmezse, yani emprenye çözeltisi kazana sevk edilirken vakum biter veya azalırsa, kazanın üst tarafında emprenye çözeltisinden ve buharlama işleminden gelen buhar kütlesi veya emprenye çözeltisi içindeki hava kabarcıkları sıkışmaktadır. Bu durumda, kazanın üst tarafında bulunan ağaç malzemeye yeterli bir vakum uygulanmamaktadır. Bu nedenle, emprenye kazanına emprenye çözeltisi sevk edilmesi sırasında mutlaka vakum pompası çalışmalıdır.

Yüksek basınç aşaması: Emprenye çözeltisinin sevkini sona erince vakum kaldırılmakta ve yüksek basınç uygulanmaya başlanmaktadır. Basınç değeri 10- 14 atm.'e kadar çıkartılabilmektedir. Basınç süresi ağaç malzeme kalınlığı ve emprenye edilme kabiliyeti dikkate alınarak 1-6 saat arasında devam ettirilmelidir.

Son vakum aşaması: son olarak emprenye kazanına vakum uygulanmakta ve vakum göstergesi 635 mmHg değeri okunduğunda vakum pompası kapatılmalıdır. Amaç, kazandan çıkarılan ağaç malzemedeki fazla emprenye maddesinin kendiliğinden dışarıya sızmasını önlemektir (Yıldız, 2005).

Yüzyıllar boyu insanlığın hizmetinde olan ahşap malzeme, bozunma ve çürümeye açık bir servettir. Çeşitli zararlı etmenlere karşı koruma fikrinin ortaya çıkardığı odun korumanın amacı; ahşap malzemeyi çeşitli kullanım yerlerinde her türlü biyotik ve abiyotik zararlılara karşı en ekonomik yoldan, uygun emprenye madde ve yöntemleri ile koruyarak ona istenilen uygunlukta ve uzunlukta dayanma ömrü sağlamaktır (Yıldız, 2002). Odun korumanın asıl amacına ulaşması için şu maddelere mutlak surette dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Ağaç malzemeye zarar veren etmenler
- Ağacın anatomik yapısı
- Emprenye maddelerinin kimyasal yapısı, etkisi ve test yöntemleri
- Emprenyenin uygulanacak yerin doğru seçimi ve uygun emprenye maddesi kullanımı.

Ahşap malzemeye uygulanan emprenye tekniğinin sağladığı yararlar şu şekilde sıralanabilir:

- Emprenye tekniği ile odunun diğer alternatif maddelere üstünlük sağlaması,
- Ağaç malzemenin ve tesis giderlerinin kısa zamanda amortise edilmesi,

- Ağaç malzemenin maden ocakları, köprüler, spor tesisleri, konut, demiryolları, döşeme gibi çeşitli kullanım yerlerinde insan hayatını garanti altına alması
- Geçmiş yüzyıllardan günümüze ulaşan, tarihi ve kültürel değeri yüksek olan eserlerin korunması
- Ahşap malzemenin kullanım yerinde uzun yıllar kullanılmasıyla ulusal orman varlığının rantabl kullanımı, üretimin daha az zorlanması ve çeşitli endüstri kuruluşların hammadde gereksiniminin devamlılığının sağlanması,
- Emprenye tekniği ile dayanıksız ağaç türlerinin kullanılabilmesi (Yıldız, 2002).

Bilindiği gibi emprenye, odunu biyotik abiyotik tüm zararlılara, yangına ve boyut değişmelerine karşı korumak amacıyla yapısındaki boşluklara koruyucu kimyasal maddelerini yerleştirme işlemidir. Bu sebeplerden ötürü gerek odun koruma kimyasallarının gerekse oduna arız olan zararlıların iyi bilinmesi gerekmektedir.

Biyolojik zararlılara karşı emprenye maddeleri;

- Suda çözünen emprenye maddeleri,
- Organik çözücülü emprenye maddeleri,
- Yağlı emprenye maddeleri olmak üzere üç grupta toplanmaktadır.

Bunun nedeni oduna nüfuz eden kimyasal maddeleri taşıyan sıvıların farklı olmasıdır. Suda çözünen emprenye maddelerinde çözen su olduğu için oduna su vasıtasıyla verilen madde akabinde kurutulmakta ve kullanım yerine hazır hale getirilmektedir. Organik çözücülü emprenye maddelerinde çözen grup hafif organik çözücü maddeler olduğu için emprenye işleminden sonra buharlaşmakta ve odundaki muhteviyatı son bulmaktadır. Yağlı karakterli emprenye maddelerinde ise yağlı yapısından dolayı su ile ilişkisi olan yerlerden suyun odundaki hareketini yavaşlatarak olası muhtemel bir mantar gelişimini engellemektedir.

Emprenye maddelerinden, bakır/krom/arsenik, bakır/krom/bor, asit bakır kromat, amonyaklı bakır/arsenik (suda çözünen emprenye maddeleri), tribütiltin oksit, tribütiltin naftenat, bakır naftenat, pentaklorfenol (organik çözücülü) ve krezot (yağlı karakterli) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Emprenye işleminin etkinliği; koruyucu maddenin zehirliliği, nüfuz derinliği ve tutunma miktarına, ağaç malzemenin emprenye edilebilmesi ise, odunun anatomik yapısı, daha önce yapılan kurutma, yarık açma işlemlerine bağlıdır (Örs, 2001).

1.7. Odun Modifikasyonu

Dizman'a (2005) göre; "Odun modifikasyonu kavramı genel olarak odun bileşenlerinin çeşitli kimyasal maddelerle reaksiyona girmesi ve bu yolla odunun kimyasal yapısının değiştirilmesi, yani odunun kimyasal modifikasyonu anlamında kullanılmaktadır. Odun temel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşan üç boyutlu polimerik yapıda doğal bir kompozit malzemedir. Hücre çeperini oluşturan bu polimerler odunun fiziksel ve kimyasal bir çok özelliğini yakından etkilemektedir.

Odun, bulunduğu çevre itibarıyla birçok zararlı etkileşime açık bir malzemedir. Odunun biyolojik bakımdan bozulması, tutuşabilmesi, çalınması, ultraviyole (UV) ışınlarıyla bozunması, asit ve bazlardan olumsuz etkilenmesi gibi istenmeyen olaylar ortaya çıkmaktadır. Bu zarar ve bozulma şekilleri doğal olarak kimyasal karakter taşıması nedeniyle, hücre çeperi polimerlerinin temel kimyasal yapısını değiştirerek (modifiye ederek) söz konusu bozulmaları bertaraf etmek veya bozulma oranlarını azaltmak mümkündür.

Genel hatlarıyla bu şekilde tanımlanabilen odun modifikasyon yöntemleri çoğu kez yüksek bir maliyeti de beraberinde getirmektedir. Ancak, bu yöntemlerin yukarıda sayılan yararları yanında azalan bakım ve işçilik masrafları göz önüne alındığında bu yöntemlerin ortaya çıkardığı ilave masraflar da göz ardı edilebilmektedir. Diğer yandan, kullanılan kimyasal maddelerin çevre kirliliğine yol açmaması, ekonomiklik ve uygulama kolaylığı odun modifikasyonu yöntemleri için önem kazanan diğer unsurlar olmuştur.

1930'lu yıllardan bu yana, dünya çapında lineer (örneğin bütirik, valeik, hekzonik anhidrit) ve dikarboksilik asit anhidritler (örneğin maleik, ftalik, süksinik anhidritler) kullanılarak odunun modifikasyonunu ilgilendiren pek çok çalışma yapılmıştır" (Dizman, 2005).

1.7.1. Odun Modifikasyonun Gerekçesi

"Ağaç malzeme Avrupa ve Amerika'da en yaygın olarak kullanılan yapı materyalidir. Ancak çok geniş kullanım alanlarına rağmen, dış çevre faktörlerinden olumsuz yönde etkilenmektedir. Uzun dönemli açık alan testlerine göre; ahşap malzemenin kullanım yerine uygun emprenye madde ve yöntemiyle emprenye edilmesi durumunda, dayanım ömrünün 10–20 kat daha artacağı belirtilmektedir. 50 x 50 mm enine kesitindeki

sarıçam örnekleriyle yapılan bir açık alan testinde; kontrol örneklerinin açık alanda 4 yıl kadar dayanımını koruduğu, ancak emprenye edilerek açık alana bırakılan örneklerde 60 yıldan daha uzun süre dayanım elde edilebildiği bildirilmiştir. Ahşap malzemelerin kullanım yerine uygun maddelerde emprenye edilmesiyle kullanım ömrü etkin bir şekilde artmaktadır. Böylece dünya ormanlarının yeniden kurulmasında, daha düzgün büyüme ve gelişme göstermesinde büyük fırsatlar sağlamaktadır. Dünya genelinde sınırlı olan orman kaynaklarının en ekonomik bir şekilde değerlendirilmesine yönelik olarak, hızlı büyüyen alternatif ağaç türlerinin kullanımında dayanıklılığın artırılması için emprenye edilmesi zorunluluğu getirilmiştir.” (Dizman, 2005)

Birçok Avrupa ülkesi ve Amerika Birleşik Devletleri’nde emprenye maddelerinin suda yıkanmaları ve atıl hale gelen emprenyeli ağaç malzemelerin yeniden değerlendirilememesi ve dolayısı ile oluşan atık problemi nedeniyle geleneksel emprenye maddeleri kullanımına ilişkin çevresel baskılar vardır. Dünyanın pek çok yerinde artan çevresel baskılar nedeniyle çevre dostu yöntemler kullanılarak ahşap malzemenin kullanım süresinin artırılması ile ilgili çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu çalışmalar yapılırken elde edilebilirlik, ekonomiklik, etkinlik ile çevreye ve insan sağlığına etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Son zamanlarda daha güvenli ve etkili sistemlerin geliştirilmesi nedeniyle civa klorür ve DDT gibi bileşikler artık kullanılmamaktadır. Amerika’da bakır krom arsenik (CCA), Avrupa’ da tri-n- bütül kalay oksit (TBTO) ve pentaklorfenol (PCP) gibi bileşiklerin kullanımına sınırlamalar getirilmiş; hatta bunların bazı yerlerde kullanımı yasaklanmıştır. Ancak, pentaklorfenol kullanımı İngiltere’de halen devam etmektedir. Bu açıdan bakıldığında, odun koruma endüstrinde çevreyi kirletmeyecek ve tüm memeli canlılara zararı olmayacak yeni emprenye maddeleri ve yeni emprenye yöntemlerinin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu alternatif yöntemler; odun yapısını genişletici kimyasal ve su itici maddeler ile odunun muamelesi ya da odun tahripçisi mantarlara karşı mükemmel ölçüde koruyan, boyut stabilizasyonu sağlayan ve zehirlilik etkisi göstermeyen odun modifikasyonu ile olacaktır. Bu nedenle, odun modifikasyonu bir gelecek vaat etmekte ve son zamanlarda bazı yöntemler de ticarileşmektedir (Suttie ve Thompson, 2001).

Ayrıca, modifiye edilmiş örnekler atıl hale geldiklerinde çevreye ve insan sağlığına bir problem yaratmamaktadırlar. Çünkü kullanım ömrünü tamamlamış odun, modifiye edilmemiş odun gibi düşünülebilir. Buda modifikasyon yöntemleri için bir diğer fayda olarak söylenebilir. (Suttie ve Thompson, 2001).

1.7.2. Modifikasyon Yöntemleri

Alışlagelmiş emprenye maddelerini kullanmadan odun modifikasyona uğratılıp başarımı ve dayanımı artırılabilir. Bu modifikasyon yöntemleri dört başlıkta incelenebilir. Bunlar;

1. Kimyasal,
2. Fiziksel,
3. Termal,
4. Enzimatik Modifikasyondur.

1.7.2.1. Kimyasal Modifikasyon Yöntemleri

Odun hücreesindeki çeper bileşenleri ile katalizörlü veya katalizörsüz bir kimyasal madde arasında stabil bir kovalent bağın olduğu kimyasal reaksiyona kimyasal modifikasyon yöntemi adı verilir (Rowell, 1988c).

Bu tip modifikasyonun odunda özellikle iyileştirmesi beklenen özellikler şunlardır (Suttie ve Thompson, 2001):

1. Boyutsal stabiliteyi arttırmak,
2. Biyolojik dayanımını arttırmak,
3. Dış hava koşullarına karşı dayanımı arttırmak,
4. Odunun akustik özelliklerini arttırmak.

Modifikasyon yöntemlerinin etkinliği aşağıda belirtilen etmenlere bağlıdır (Yıldız, 2002):

Farklı özellikteki çok sayıda kimyasal maddenin odundaki hücre çeper bileşenleriyle tepkimeye girebilmesi; bu tepkime esnasındaki pH, sıcaklık, katalizör, zaman, uygun çözücü gibi değişkenlerin reaksiyona uygunluğu önemli yer teşkil etmektedir.

Bunlara ek olarak odun içerisindeki farklı yapıların varlığı, odun liflerinin karmaşık anatomik yapısı, odun türlerinin birbirinden farklı kimyasal yapıları (yapraklı ağaçlar ve iğne yapraklı ağaçlar arasındaki anatomik fark), hatta aynı ağaçta bile ağaç içi farklı bölgelerde farklı anatomik özellikler bulunması reaksiyon sonuçlarını büyük ölçüde etkilemektedir.

1.7.2.2. Fiziksel Modifikasyon Yöntemleri

Bu yöntemlerde, oduna verilen kimyasal madde ile odun hücre çeper bileşenleri arasında herhangi bir kimyasal reaksiyon söz konusu değildir. Bu kimyasal maddelerin odunda bulunan kapiler boşluklara yerleşmesi söz konusudur. Bu yöntemlerin asıl amacı, odun-su ilişkilerini en aza indirmeye yöneliktir. Fiziksel modifikasyon yöntemleri genel olarak üç grup altında toplanabilir.

1.7.2.2.1. Su itici yöntemler

Bu yöntemde kimyasal reaksiyona meydan vermeden, lümen boşluklarının doldurulması amaçlanır. Buradaki amaç daha çok odundaki su miktarını kontrol altında tutmaktır. Yani, hücre boşluklarının bazı hidrofobik maddelerle doldurulmasıdır. Bunlara örnek olarak parafin, mum, vaks verilebilir. Son yıllarda bu maddelere alternatif ve üstünlük kuracak birçok organik metal bileşikler önerilmektedir. Bu bileşikler arasında organo silikon bileşikler en iyi su iticiler olarak bilinmektedir (Yıldız, 1994).

1.7.2.2.2. Hücre çeperinin genişletilmesini sağlayan yöntemler

Bu yöntemin genel prensibi, odun hücre çeperinde miseller arası boşluğa suyun yerleşmesi ile tamamen genişlemiş durumda bulunan ağaç malzemedeki miseller arasındaki suyun yerine uygun kimyasal maddelerin yerleştirilmesi suretiyle bu boşlukları doldurmak, genişlemiş halin korunmasıyla odunun daralmasını önlemektir. Bu gruba örnek olarak çeşitli şeker ve tuzların sulu çözeltileri (manganez, sodyum, baryum, lityum klorür tuzları gibi), PEG (polietilen glikol), odun ile oldukça zor reaksiyona giren reçineler (fenol formaldehit, resorsin ve melamin formaldehit reçineleri) verilebilir (Yıldız, 1994).

1.7.2.2.3. Odun Polimer Kompozitleri (OPK)

Odun bünyesine verilen sıvı monomerlerin odunun hücre boşluklarında polimerleştirilmesi esasına dayanır. Odun polimer kompozitleri haline dönüştürülen ağaç malzemenin başta mekanik özellikleri olmak üzere birçok teknolojik özellikleri

iyileşmektedir. OPK günümüzde pek çok ülkede endüstriyel olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır. OPK için en uygun monomer grubunun vinil monomerler olduğu belirtilmektedir. Stiren, vinil klorür, akrilonitril, metil metakrilat, t- bütül stiren gibi vinil monomerler odun yapısı içindeki boşlukları doldurmakta ve hücre çeperindeki hidroksil gruplarıyla etkileşime girmeyerek odunun kimyasal konfigürasyonunu değiştirmemektedir (Yıldız, 1994). Yapılan bir çalışmada sahil çamı ve melez kavak odunları, sitiren, metilmetakrilat ve stiren/ metilmetakrilat karışımıyla tam yükleme, yarım yükleme ve çeyrek yükleme ile muamele edilmiş, meydana gelen odun polimer kompozitlerinin mekanik ve biyolojik direnç özellikleri araştırılmıştır. Test örneklerinin mekanik özellikleri büyük ölçüde arttırdığı bulunmuş, en iyi sonucu stiren/ metilmetakrilat karışımının verdiği gözlenmiştir. Çürüklük testinde ağırlık kayıpları azaltılmış olsa da istenen derecede bir koruma olmamıştır (Yıldız, 2005).

1.7.2.3. Termal Modifikasyon Yöntemleri

Odunda termal modifikasyon yöntemi ısı işlem uygulamasıyla gerçekleştirilmektedir. Isıl işlem; odunun, 100-250 °C arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi olarak bilinmektedir. Bu modifikasyonda amaç; odunun rutubet alışverişini azaltmak, yani oduna boyut stabilizasyonu kazandırmak, odunun, tahrip edici organizmalara karşı biyolojik direncini arttırmak ve bunların yanı sıra odunda denge rutubeti miktarını düşürerek permeabiliteyi arttırmak dolayısıyla üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmektir. (Yıldız, 2002)

1.8. Silikon

Daha öncede belirtildiği üzere odun koruma sektörüyle birlikte paralellik gösteren odun koruma kimyasalları sektörü de günden güne büyüyen, yenileşen ve daha iyiyi hedefleyen bir sektör haline gelmektedir. Ancak, küreselleşen dünyada artık insanların ve gelecek kuşakların daha güvenli bir ortamda yaşamaları için birçok alanda zararlı her türlü maddelerle mücadele başlamış, yeni birtakım standartlar getirilmiş ve insanlar eğitimin de katkısıyla bu konuda daha duyarlı hale gelmiştir. Meseleye odun koruma kimyasalları yönünde bakılacak olunursa; mantara, böceğe, deniz zararlılarına gibi oduna zarar

verebilen birçok varlığa zehirli etki yaratan odun koruma kimyasalları zaman zaman insanlara da gerek eprenye işlemleri sırasında gerekse kullanım sonrasında zarar verebilmektedir. Gelişen sağlık ve çevre bilinci bu kimyasallara karşı tepki doğurmakta ve ilgili merciler tarafından bu maddelerin kullanımı kısıtlanmaktadır. İşte tüm bu sebeplerden ötürü odun koruma kimyasalları da daha çevre dostu ve diğer bir tabirle daha insan sağlığı dostu olmalıdırlar. Bu bilinç ile araştırmalarına hız veren bilim adamları ve sektörün önde gelen kuruluşları gün geçtikçe insana ve doğaya daha az zararlı ya da tamamen zararsız kimyasallar bulmakta ilerleme kaydetmektedirler.

Birçok odun koruma maddesinden beklenen, zararlılara karşı etkili olma, geniş bir yelpazeye sahip olma, kolay bulunabilme, odunun özelliklerini iyileştirme, yüksek su iticilik sağlama, insan sağlığı ve çevreye en az zararlı ya da zararsız olma özelliklerini taşımasıdır. Böyle maddelerden biri de silikon olarak gösterilmektedir.

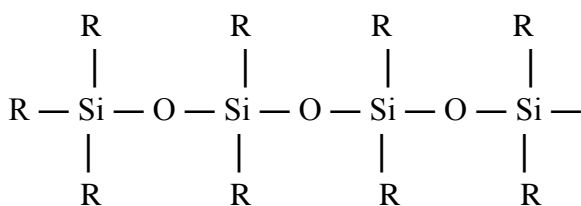
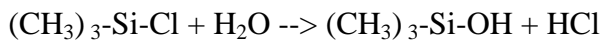
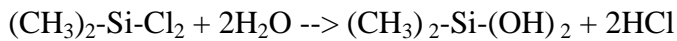
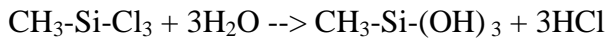
1.8.1. Silikonun Tanımı ve Özellikleri

Silikon; kimyasal anlamda polisiloksan diye bilinmektedir. Kimyasal analiz iskeletinde karbon (C) yerine ardışık olarak dizilmiş silisyum (Si) ve oksijen (O) elementleri bulunan polimerlerin ortak adıdır.

Silikon moleküllerinin çoğunda silisyum atomlarına bağlı metil ya da fenil grupları yer alır. Silikonlar en çok sıvı, reçine veya elastomer biçiminde üretilirler.

Silikon sıvılar oldukça kararlı maddelerdir. Su, ısı ve yükseltgenlerin etkisiyle bozunmazlar. Çok iyi elektrik yalıtkanı olmalarının yanı sıra hidrolik sıvılarda ve emülsiyon kırıcı maddelerde, ayrıca dokunma ve kağıt gibi çeşitli malzemelerinin su geçirgenliğini azaltmakta kullanılırlar. (URL-1)

Kimyasal olarak silikon eldesi şu şekilde gösterilir:



R = Birer alkil olan metil (CH₃-), etil (C₂H₅-) ve propil (CH₃-CH₂-CH₂-) grupları birer alkan olan metan (CH₄), etan (C₂H₆) ve propandan (C₃H₈) türemiştir.

Silisyum elementinden bir seri karmaşık reaksiyonlar sonucu elde edilen silikonun başlıca özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek ve düşük sıcaklıklarda fiziksel özelliklerinin kaybolmaması,
- Radyasyona, UV ışınlarına, ozona, oksijene karşı yüksek direnç göstermesi,
- Çok yüksek elektriksel izolasyon özelliği taşıması,
- Biyolojik olarak tepkime vermeyen bir madde olması gibi, birçok yarara sahiptir.

Silikonun bugünkü kullanıldığı endüstriler plastik, tekstil, inşaat ve kağıt gibi ülkemizin ve dünyanın en başta gelen sektörleridir. Silikonun bu sektörlerde kullanım amacı ise çoğunlukla su iticilik, izolasyon ve organik-inorganik maddelerin yapışması olmaktadır. Suyu kesinlikle kabul etmeyen yapıya sahip olduğundan odun koruma sektörü içinde düşünülebilir bir kimyasaldır. Ekonomikliği ve piyasada kolay bulunuşu da silikonun yararları arasında yer almaktadır. Ayrıca bozucu etkenler olan ozon, hava şartları, UV ışınları, asit, baz, yağ, akışkanlar ve gıda ürünlerine karşıda direnç göstermektedir (URL-1).

Tarihçe olarak silikon, II. Dünya Savaşı sırasında, askeri uygulamalarda istenen yüksek ısı dayanımı ihtiyacını karşılamak için ticari amaçlarla geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda silikonlar üzerine çalışmalar devam etmiş ve malzemenin gerilme mukavemeti, esneme ve direnç özellikleri sürekli geliştirilmiştir. Özellikle geliştirilen geniş sıcaklık aralıklarına dayanımı ve buna bağlı olarak fiziksel özellikleri, silikonları sentetik polimerlere göre daha üstün kılmıştır (URL-2).

1.9. Literatür Çalışması

Literatürde silikonla odun modifikasyonuna ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, sahil çamı örnekleri ilk önce maleik anhidritle modifiye edilmiş, daha sonra glisidil eter (AGE) ile reaksiyona sokulmuştur. Elde edilen ürün son olarak silikonla muamele edilerek son derece hidrofobik bir malzeme elde edilmiştir (Sebe, 2001).

Panov vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada alkil alkoksi silan ve arilalkoksilan olmak üzere iki tip silan grubunu odun emprenyesinde kullanmışlardır. Ligno-selülozik malzemelerde su iticiliği amaçlayan bu çalışmada alkiltrietoksilan ve dialkildietoksilan' dan oluşan bir karışım elde edilmiş, bilinen ve kullanılan silan gruplarına göre su iticiliği geliştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, odun hücrelerindeki siloksan madde gruplarının aralarına borik asit verilerek sabitleştirilmiştir. Bu örnekler, esmer çürüklük mantarı *Postia plasenta* kullanılarak mantar çürüklük testine tabi tutulmuştur. Her iki grupta da çürüklükten dolayı meydana gelen ağırlık kayıpları % 3,5-11,5 civarında iken, borik asit ilaveli gruplarda bu oranın % 2,3-1,1 olduğu gözlenmiştir. Borik asit içeren bu silan grubunun az dayanıklı kabul edilen sarıçam odununu çok dayanıklı sınıfa yükseltmiştir. 15 x 25 x 50 mm ölçülerindeki odun örnekleri, %90 (684 mmHg) yarım saatlik vakumun ardından 90 dakika 10 bar basınç uygulanarak dolu hücre yöntemiyle emprenye edilmişlerdir. Yapılan tüm deneyler sonucunda, borik asit içerikli silikon bazlı maddelerin odun hücre duvarının içinde ve dışında polimerleşerek hidrofobik yapı kazandığı ve mantar çürüklüğüne karşı önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Panov, 2009).

Kartal vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, silikon esaslı tetraoksilan ve metiltrietoksilan bileşikleri bor esaslı emprenye maddelerine katılarak, borun odundan uzaklaşmasını azaltmak ve odunun biyolojik dayanımını, mantar ve termitlere olan direncini artırmak istenmiştir. Her iki silan grubuna asidik etanol eklenmiş ve karıştırılıp 30 dakika ortam sıcaklığında bekletilmiştir. Çalışmada çift ve tek olmak üzere iki tür muamele yöntem uygulanmıştır. Çift muamelede, sugi (*Cryptomeria japonica*) odun örnekleri önce % 1' lik borik asit ile emprenye edilip hemen ardından silan gruplarıyla emprenye edilmiştir. Tekli muamelede ise, % 1' lik borik asit ile silan grubu karıştırılıp tek hamlede oduna verilmiştir. Bu işlemlerin ardından test örnekleri yıkanma laboratuvarlarında çeşitli deneylere tabi tutulmuştur. Kullanılan silan grupları her iki yöntemde de % 40 oranında yıkanmayı önlemiştir. Ardından yıkanma laboratuvarlarından alınan örnekler mantar ve termit laboratuvarlarına götürülmüş ve orada da termit gruplarından *Coptotermes formasanus* ve çürüklük mantarlarından *Fomes palustris* – *Trametes versicolor* ile gerekli testler uygulanmıştır. Bu testler sonucunda da silikon ve borik asit içeren örneklerin sadece borik asit içeren örneklere nazaran mantar ve termite karşı daha dayanıklı olduğu saptanmıştır (Kartal vd, 2009).

De Vetter vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, bir takım organosilikonlar kullanılarak, sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve kayın (*Fagus orientalis*) odun örneklerinin, dış

hava kullanım koşullarında Basidiomisetes sınıfı mantarların saldırısına karşı koruyuculuğu test edilmiştir. Örnekler, EN 113 standartlarında esmer ve beyaz çürüklük mantarlarınca tahribata bırakılmış ve organosilikon ile muamele edilen odunlarda ağırlık kaybı az olmuş ve mantara karşı oldukça yüksek direnç göstermiştir. Dolayısıyla bu ağaç türlerinin doğal dayanım değerlerinin çok çok üzerine çıkılmıştır. Bu çalışmada emprenye muamelesi iki şekilde yapılmıştır. Bunlardan ilki ekonomik emprenye, diğeri tam emprenye olarak adlandırılmıştır. Ekonomik emprenyede, sarıçam örnekleri *Postia placenta* ve *Coniophora puteana* saldırılarına, Kayın örnekleri ise *Coniophora puteana* ve *Trametes versicolor* saldırılarına kısmen direnç gösterebilmişlerdir. Tam emprenyede ise birtakım silikonlar; alkoksilan, metiltrimetoksilan, oktiltrietoksilan karışımları, su bazlı polidimetilsiloksanların mikro emülsiyonları ve trietoksilan maddeleri ağırlık kaybı olarak sarıçamda % 20 – 30 oranında, kayında ise % 30 – 40 oranında iyileştirme sağlamıştır. Bir diğeri su bazlı dimetilmethylhidrojen siloksan karşımı ve N-oktiltrietoksilan maddelerinin ise kayında % 30' un üzerinde bir iyileştirme sağlandığı yine bu çalışmada belirtilmiştir (De Vetter, 2009).

Kartal vd. (2007) tarafından yapılan bir diğeri çalışmada, sodyum borat ve disodyum oktaborat tetrahidrat (DOT) ile emprenye edilmiş sugi (*Cryptomeria japonica*) odun örnekleri üzerinde bor yıkanmasını azaltmak için ticari olan bir silikon emülsiyonunu denemiştir. Odun örnekleri, 4, 8, 12 kg/m³ sodyum borat retensiyonuna sahip gruplar halinde silikon emülsiyonlarına batırılıp çıkarılmışlar ve 105 °C' de 24 saatliğine kurumaya bırakılmışlardır. İkinci denemede bu kez odun örnekleri önceden DOT ile emprenye edilmiş ve ardından % 1 – 1,5 konsantrasyonlarındaki silikon emülsiyonu ile yüzeysel muamele yapılmıştır. Bütün bu işlemlerin ardından test örnekleri 10 günlük bir yıkanma işleminden geçirilmiş ve ardından laboratuvar koşullarında mantar çürüklük ve termit testlerine maruz bırakılmışlardır. Bu testler sonucunda, Sodyum borat ve silikon emülsiyonu ile muamele edilen odun örneklerinde bütün yıkanma işlemlerinden sonra dahi 1 kg/m³ lük bor retensiyonu varken, silikon muamelesi yapılmayan sadece sodyum boratla emprenye edilen örneklerde neredeyse hiç bor kalmadığı gözlenmiştir. Yine aynı şekilde DOT muamelesinde yıkanma testlerinden sonra 2 kg/m³ lük bor retensiyonu gözlenmiştir. Mantar testlerinde ise, sodyum borat ve silikon emülsiyonu ile muameleli örnekler, yıkanma işleminden geçmesine rağmen bile yalnızca sodyum borat muameleli örneklerden daha iyi bir direnç sağlamışlardır. DOT + Silikon emülsiyonlu örneklerde ise yıkanma sonrası bor miktarında fazla değişme olmadığından, yalnızca DOT örneklerine nazaran çok

daha iyi bir direnç sergilenmiştir. Termit testlerinde bahsedilecek olunursa, mantar testlerine göre yıkanmış örneklerde çok daha fazla olsa da, silikon emülsiyonu ilaveli gruplardaki ağırlık kaybı daha azdır. Yani termit testlerinde de mantar testlerinde olduğu gibi silikonlu test örnekleri, silikonsuz test örneklerine göre daha dirençli hale gelmiştir (Kartal vd, 2007).

Ziegler vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, odunun fiziksel ve kimyasal zararlılara karşı korunmasını amaçlayan odun koruma anlayışının ve özellikle de kimyasal modifikasyon ile odun koruma işlemine olan ilginin giderek artması dile getirilmiştir. Yöntemler arasında asetilasyona değinen Ziegler, asetilasyonun, boyutsal stabiliteyi geliştirmede, rutubet ve neme karşı dayanıklılığı artırmada önemli bir yeri olduğunu belirtmektedir. Son yıllarda geliştirilen yeni bir asetil madde olan isopropenil asetat asetilasyon metodunda dikkatleri üzerine çekmeyi başarmıştır. Bu madde odunda astil gruplarının etki alanlarını genişleterek odundaki su iticilik performansında önemli sayılabilecek katkılar yapmaktadır. Silikon bazlı olan bu madde oduna silasyon yöntemiyle verilmiş ve su iticilik açısından anhidritlerden bir adım daha öne geçmiştir. Çalışmada kullanılan silasyon maddeler; klorodimetilsilan, oktodesiltri-klorosilan, diklorodifenilsilan ve diklorodimetilsilan maddeleridir. Okaliptüs ağacı kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada bahsi geçen silanlar ile muamele edilen örnekler su alma ve şişme testlerinde kontrol örneklerine göre başarılı sonuçlar vermişlerdir (Ziegler vd, 2008).

Yamaguchi (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, yeni bir odun koruma maddesi olan, düşük molekül ağırlıklı ve düşük zehirlilik içeren silisik asidi araştırmıştır. Emprenye maddelerinde bulunan bazı zehirli maddelerden dolayı gerek kullanım yerinde gerekse malzemenin bertaraf edilmesinde bir miktar çevre kirliliği ortaya çıkmaktadır. İşte bu çevre kirliliğini önlemek veya en aza indirmek için çeşitli çevre dostu kimyasalları araştırmak ve denemek kaçınılmaz olmuştur. Bu konuda silikon ağırlıklı çalışmalarını sürdüren Yamaguchi, Japon Sediri (*Cryptomeria japonica*) kullanarak gerçekleştirdiği bu çalışmada kullanılan kimyasal maddelerden silisik asidin sulu çözeltisi (SAMS) ve kollodial silisik asit çözeltisine (CSAS) bir miktar metal bileşikleri ve borik asit eklemiştir. Borik asit ilavesi yapılan her iki çözeltide mantar çürüklüğüne (*Fomes palustris*) karşı oldukça başarılı bir direnç sağlanmıştır. Ayrıca borik asit ile silikon bazlı bu bileşiklerin yıkanma testleri sonucunda da mantar çürüklüğüne karşı yüksek direnç gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte SAMS + metal iyonları muamelesinde yıkanma ve mantar çürüklük test örneklerinde yıkanma görülürken, SAMS + borik asit muamelesinde her iki

test grubunda çok az bir yıkanma meydana gelmiştir. CSAS + borik asit ve SAMS + borik asit ile muamele edilmiş örneklerde borik asit konsantrasyonu fazla olan test gruplarında mantar misellerinin gelişimi tamamen durdurulmuş, herhangi bir protein üretimi gözlenmemiştir. Ancak bileşikteki borik asit miktarı düşük olan gruplarda, test örneklerinin ksilan, mannaz ve selüloz aktiviteleri kontrol örneklerine göre oldukça düşük olduğu belirtilmiştir (Yamaguchi, 2002).

Donath vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, kayın odunu sol-gel prosesine uygun olarak, tetraoksilan (TEOS), metiltrietoksilan (MTES) ve propil trietoksilan (PTEO) olmak üzere üç farklı alkoksilan bileşikleriyle modifiye edilmiştir. Bu maddelerle, monomerik silanlar ve oligomerik silanlar olmak üzere iki tip uygulama yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Monomerik silanlar ile muamelede test örnekleri genişleme daralma etkinliği, rutubet alımı ve odun dayanımı gibi testlerde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Mantar çürüklük testinde beyaz çürüklük mantarı olan *Trametes versicolor* kullanılmış ve test örneklerinde kullanılan kimyasal maddelerin hücre içerisindeki etkinlikleri sebebiyle olumlu sonuçlar alınmıştır (Donath vd, 2004).

Mazela vd. (2010) odun kimyası teknolojileri ve kimya bölümü ortak çalışmasında metiltrimetoksilan (MTMOS) ve N-oktitrietoksilan (NOTES) gibi organosilanları, organik bir çözücü ile karıştırarak selüloz üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır. Bu organosilanlar ile selüloz arasında bir reaksiyon gerçekleştiğini gerekli testleri yapılarak ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca yapılan yıkanma testlerinden sonra da selülozun yapısında silikonun varlığını koruduğunu tespit etmişlerdir. Organosilan bileşiklerinin selüloz ile kimyasal bir tepkimeye girdiğinin kanıtı olan bu çalışmada deney boyunca yapılan tüm ekstrakte işlemlerinden sonra test örneklerinde tutunmuş silan gruplarının olduğu gözlenmiş ve dolayısıyla silan gruplarıyla yapılacak modifiye ve emprenye işlemlerinin odunu bilhassa dış yüzeyinin bir çok abiyotik ve biyotik tehdide karşı koruyacağı belirtilmiştir (Mazela vd, 2010).

Schulte vd. (2004) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, dış hava koşulları performans testlerinde, üç farklı kimyasal madde ile modifiye edilmiş odun örnekleri, dış hava koşullarına maruz bırakılmıştır. Sentetik dimetilol dihidroksi etilen üre (DMDHEU) emprenyeli, keten tohumu yağı emprenyeli ve silikon emprenyeli olan bu örneklerle referans olarak herhangi bir kimyasal madde ile muamele edilmeyen kontrol örnekleri gösterilmiştir. Çalışmada 150 x 75 x 15 mm boyutlarında kullanılan sarıçam odun örneklerine birbirinden farklı uzun periyotlar halinde su alma testi, ağırlık değişimi,

gevreklik, yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi testleri uygulanmıştır. Açık alanda 45 °C'lik eğime sahip yüksek bir platform üzerindeki test örnekleri, Almanya / Göttingen civarında, herhangi bir gölgeye sebep olmayacak boş bir alanda yönü güneybatıya bakacak şekilde teste maruz bırakılmışlardır. Yapılan testler sonucunda, silikon muameleli örnekler, ağırlık değişimi, su alma gibi deneylerde iyi sonuçlar verirken, gevreklik testinde herhangi olumlu bir sonuç alınamamıştır. Yüzey renk değişiminde DMDHEU maddesi yüzey rengini açarken keten tohumu yağı yüzey rengi koyulaştırmış, silikon ise önemli bir renk değişimi yapmamıştır. Yüzey pürüzlülüğünde ise UV ışınları, sıcak, soğuk, yağmur gibi etmenlerden dolayı hemen hemen bütün test gruplarında birbirine benzer pürüzlükler gözlenmiştir (Schulte, 2004).

Silikon ile odun emprenyesi alanında yapılan bir başka çalışmada Terziev vd. (2009) odunu çeşitli silikon bileşenleri ile muamele etmiştir. Bunlar; tetraetoksilan (TEOS), feniltrietoksilan (PhTES) ve metiltrietoksilan (MTES) bileşikleridir. Çalışmada % 10-16-23 konsantrasyonlarında bu bileşiklere % 1,2 – 1,5 oranında borik asit ilavesi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı silikon emprenyeli örneklerin, önemli biyolojik testlere karşı vereceği sonuçtur. Mantar çürüklük testlerinde silikon boron örnekleri, *Trametes versicolor* ve *Postia placenta* mantarları kullanılarak EN 113 standardında belirlenen % 5' in altında bir ağırlık kaybı göstermişlerdir. Bu kimyasal bileşimleri özellikle *Hylotrupes bajulus* larvalarına karşı oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. 19 aylık rutubet alım testlerine göre ise PhTES ve MTES' in yüksek hidrofobik özellik gösterdiği, TEOS' un ise hidrofobik bir madde olmadığı, kontrol örnekleriyle benzer bir performans gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca PhTES ve MTES yapılan bu testler sonucunda yapısındaki borun uzaklaşmadığı ancak TEOS' un ise yapısında büyük oranda bor yıkanması olduğu gözlemlenmiştir (Terziev, 2009).

Yapılan bir diğer çalışmada, odunun biyolojik korunmasında farklı tiplerde klorosilanlar araştırılmıştır. Saf silan ve çözelti silanlar kullanarak yapılan çalışmada modifiye işlemi sıvı ve buhar fazda denenmiştir. Modifiye edilen odun örneklerinde çürüklük, renklenme ve küf mantarları kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda diklorosilanların haricindeki kimyasalların mantar saldırısına direnç göstermediği belirtilmiştir (Stevens, 2005).

Kartal vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, borik tetraflorit içeren didesil dimetil amonyum tetrafloroborat (DBF) bileşiği ile akril-silikon emülsiyonu birleştirilmiştir. Çalışmada, dış hava koşullarına maruz bırakılan odunların su iticiliği,

mantar ve termitlere olan direnci araştırılmıştır. Japon JIS (Japanese Industrial Standards) standartlarına göre Sugi (*Cryptomeria japonica*) ve Japon kayını (*Fagus grenata* Blume) ağaçları kullanılarak yapılan çalışmada % 2 DBF çözeltisi kullanılmıştır. Akril silikon katkılı tüm örnekler yapılan mantar-termit ve su iticilik testlerinde başarılı sonuçlar vermiştir (Kartal, 2004).

Mai vd. (2004a) tarafından yapılan bir çalışmada, çeşitli inorganik silikon bileşenleri kullanılarak odun modifiye edilmiş ve dayanımı artırılmıştır. Bu bileşikler arasında, bu alanda uzun süre kullanılan, silikon bazlı bileşiklerin odun korumada adeta bir temsili olan silikafloritler, özellikle cam yünü olarak bilinen silafluen alkali silikatlar odunda dayanım olarak bir artış göstermişler, ancak, yüksek pH ve yüksek higroskopik özellik gösterdiklerinden su alımı ve direnç kaybı değerlerinde olumlu sonuçlar vermemişlerdir. Tetraalkoksi ile muamele edilen odun örneklerinde boyutsal stabilite artmış, boron katılımıyla da yangına karşı dayanım testlerinde bir hayli olumlu sonuçlar alınmıştır (Mai, 2004a).

Donath vd. (2006a) tarafından yapılan bir çalışmada iki tip silan grubu test edilmiştir. Bunlar; monomerik silan bileşikleri (tetraalkoksilan, akil-trialkoksilan) ve çok işlevli oligomerik silan bileşikleridir. Monomerik silan bileşiklerinde su alımı önemli oranda azalmış, ancak oligomerik silan bileşiminde önemli bir değişim olmamıştır (Donath 2006a).

Donath vd. (2006b) tarafından yapılan başka bir çalışmada, sarıçam ve kayın örnekleri, farklı silan gruplarıyla muamele sonrası, esmer ve beyaz mantar çürüklüğüne karşı test edilmiştir. EN 113' e göre yapılan bu çalışmada mantar olarak *Coniophera puteana* ve *Trametes versicolor* kullanılmıştır. 18 hafta süren deneyde silikon olarak ticari ürün olan Dynasylan HS 2909, amino silan grupları ve amino silan + QAC (alkali amonyum bileşikleri) kullanılmıştır (Donath, 2006b).

Owens vd. tarafından yapılan bir çalışmada bilinen koruma maddelerinin çevreye zararlı olduğunu kaydeden ve özellikle yeterince penetre olmamış kimyasalların daha büyük sorun olduğunu dile getirmişlerdir. Çalışmada çevre dostu, uzun etkili ve ucuz bir odun koruma maddesi araştırılmıştır. Kimyasal özellik bakımından hem odunu koruyabileceğini hem de aradığı özellikleri silikon tetrakloritte olabileceği düşünülmüş, kızılçam ve Douglas göknarı odunlarını kullanılmıştır. 16 haftalık çürüklük periyodunun ardından test örneklerinde ağırlık kaybının çok az olduğu gözlemlenmiştir (Owens, 1980). Aynı zamanda Stevens tarafından yapılan bir diğer çalışmada da klorosilan ile emprenye edilen odun örneklerinin iyi su iticilik gösterdiğini belirtilmiştir (Stevens, 1981).

Rustenbug ve Klaver (1991) tarafından yapılan bir çalışmada HOE 084498 kodlu silafluofenin suda çözünen ve hafif organik çözücülerde çözünen karışımı ile böcek ve termit saldırısı ve dış hava koşullarında yıkanma testleri yapılmıştır. Çalışmada söz konusu kimyasalın başarılı sonuçlar verdiği ve aynı zamanda çevre dostu olduğu belirtilmiştir (Rustenbug, 1991).

Adams vd. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, HOE 084498 kodlu silafluofenin böcek ve termit üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Laboratuvar şartlarında *Coptotermes formasanus*, *Coptotermes acinaciformis*, *Reticulitermes santonensis* termitleri kullanılarak yapılan bu çalışmada, silafluofen ile muamele edilmiş örneklerde hiçbir termit girişimi olmamış, odun çevresinde herhangi bir saldırıdan kalan odun tozlarına rastlanılmamıştır (Adams, 1995).

Yapılan bir diğer çalışmada, silafluofenin muamele edildiği odunlarda herhangi bir termit saldırısına rastlanılmaması, bir takım standartlara göre çevreye zararsız ya da az zararlı olması ve kimyasal kararlılığından dolayı Japonya’ da çok geniş bir kullanıma sahip olduğu belirtilmiştir (Nakayama, 2001).

Tshabalala and Gangstad tarafından yapılan bir çalışmada hegzadesiltrimetoksilan ve metiltrimetoksilan ile muamele edilen odunlar, su alımı ve ağırlık kaybı deneylerine tabi tutulmuş ve kontrol örneklerine göre başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Tshabalala, 2002).

Serpa tarafından yapılan bir çalışmada sodyum silikat (cam yünü) ile muamele edilen odun örnekleri *Limnoria tripunctata* kabuklu deniz oyucularına maruz bırakılmıştır (Serpa, 1980).

Rosental and Bues tarafından yapılan bir çalışmada ekolojik olarak da çevre dostu kabul edilen silikon emprenyesini, sarıçam odununun boyutsal stabilitesini artırmada ve yangına karşı dayanıklı hale gelmesinde kullanmışlardır (Rosental, 2010).

Scown vd. tarafından yapılan bir çalışmada okaliptüs ve monteri çamı kerestelerinde organo silikon kullanarak deniz zararlılarına karşı dayanım araştırılmıştır. *Limnoria* ve *Sphaeroma* saldırılarına maruz bırakılan örneklerde silikon terebentin görevi görüp kısıtlı bir başarı sağlamıştır (Scown, 2001).

Odun emprenyesinde kullanılacak birçok organosilikon türünün bulunduğunu belirten Mai vd. teraalkoksilan türünün dolu hücre yöntemine diğer silikon bazlı kimyasalların ise yüzeysel emprenye tekniklerine uygun olduğunu belirtmiştir (Mai, 2004).

Yapılan bir diğer çalışmada, sarıçam odunları organo-silikonlarla hem emprenye teniğiyle hem de daldırma tekniğiyle muamele edilmiş ve su temasına maruz bırakılmıştır. Burada organo-silikonların odun üzerinde polisiloksan film görevi gormesi odun su alımını yavaşlatmıştır ve dolayısıyla ahşap malzemenin gerçek kullanım alanında ömrünün uzadığı görülmüştür (De Vetter, 2010).

Lukowsky vd. tarafından yapılan bir çalışmada, odunda su iticilik sağlamak amacıyla bu alanda en çok kullanılan beş farklı silikon türü araştırılmıştır. Ticari olduğu için formülize edilmeyen bu silikonlardan sadece bir tanesi iyi bir su iticilik sağlamıştır. Aynı zamanda yapışma testi de yapılan örneklerde yapışma direncinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır (Lukowsky, 1997).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Deneme Materyali

2.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada yapraklı ağaç türlerinden doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve iğne yapraklı ağaç türlerinden ise doğu ladini (*Picea orientalis* L.) kullanılmıştır. Bu ağaç türleri doğal yayılış gösterdikleri Doğu Karadeniz Bölgesi Maçka Orman İşletme Şefliğinden yön, meyil, çap, yükselti, sıklık vb. yetiştirme ortamı özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir.

2.1.1.1. Doğu Kayını

Doğu kayını 30-40 m'ye kadar boy, 1 m'ye kadar çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli, birinci sınıf bir orman ağacıdır. Kabuğu açık kül renkli olup ince ve düzgündür. Genç sürgünler tüylüdür. Yaprakları elips, ters yumurta biçiminde sivri uzun veya kısa uçlu ve 6-12 cm uzunluğundadır. Alt yüzünde damar boyunca ipek gibi tüylü, üst yüzü ise çıplaktır. 7-10 (8-12) çift yan damarı vardır. Bunlar yaprak kenarına tam ulaşmadan uçları kırılır. Yaprak sapı 0,5 – 10,5 cm uzunluğunda ve tüylüdür. Kupula yaklaşık olarak 2 cm boyundadır. Kupulanın dip kısımlarında yer alan pullar geniş şerit biçiminde ya da kaşık gibi, üst kısımdakiler yassıdır. Kadehin sapı 2- 2,5 cm uzunlukta olup, tüylüdür. Erkek çiçekte yaprak koltuklarından çıkıp, küresel başçıklar şeklinde aşağıya sarkarlar. Meyve üç köşeli kahverengi, yumurtamsı biçimde, tek tohum taşıyan bir nustur. Meyvesinin tohumu yağlıdır. Çiçeklenme nisan ayında olup yapraklanma ile aynı zamana rastlar (Kayacık, 1981; Yaltırık, 1988; Anşin, 1993).

Traheler yıllık halka içinde dağınık biçimde, genel olarak düzensiz dizilmişlerse de yetiştirme yerine göre ve bazen genç yaşlarda yarı düzenli, yer yer düzenli bir konum gösterirler. İlkbahar odunu içerisinde bulunan traheler geniş çaplı ve ince çeperlidir. Trahelerin dağınık olmasından dolayı ilkbahar ile yaz odunu arasında keskin bir geçiş yoktur; mm²'deki trahelerin sayısal dağılımı ilkbahar ve yaz odununda değişiklik göstermektedir. Tek sıralı (üniseri) ve çok sıralı (multiseri) "homoselüler" olmak üzere iki

çeşit özışını bulunmaktadır. Ancak heteroselüler öz ışınlarında rastlanır. Enine kesitte genişliği fazla olan öz ışınları, yıllık halka sınırında genişleyerek bir yay çizer. Genel olarak tek sıralı öz ışını dağılımı iki ve çok sıralı öz ışını dağılımının yarısı kadardır. Doğu kayınında %33,9 oranında trahe, %45,78 oranında libriform lifleri, %20,20 oranında özışını ve %5 oranında boyuna paransim bulunmaktadır. İlkbahar odununda; lif uzunluğu 1,242mm, lif genişliğin 20,20 μ , lümen çapı 9,75 μ , lif çeper kalınlığı 5,11 μ , yaz odununda ise; lif uzunluğu 1,238 mm, lif genişliği 17,92 μ , lümen çapı 6,2 μ , ve lif çeper kalınlığı 5,66 μ 'dur (Şanlı, 1978).

Doğu kayını genel coğrafi yayılışı, Bulgaristan, Türkiye, Kafkasya ve İran'dır. Batıda balkan Yarımadası'ndan başlar, Trakya'nın Kuzey ve güney dağları ile bağlantı kurarak İstanbul mıntıkası üzerinden batı Anadolu'ya geçer (Yaltrık, 1988; Anşin, 1993; Saatçioğlu, 1976). Doğu kayını ülkemizde Karadeniz bölgesinde en iyi gelişimi göstermektedir. Karadeniz bölgesinin haricinde Marmara ve ege bölgesinde de görülür. Güney Anadolu'da adananın pos ormanlarında, Amonos dağlarında ve Maraş-Andırın yöresinde lokal olarak bulunur. Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinden başlayan kayın ağacı, batı Karadeniz'de 1300 m'ye doğu Karadeniz'de 1800-1900 m'ye kadar çıkabilmektedir. Güney Marmara bölümünde 500 m'den sonra ormanlar kurar, iç kısımlara doğru gidildikçe 1000-1200 m ile 1500-1700 m hatta 1800 m'ye ulaşır (Anşin, 1993; Saatçioğlu, 1976; Atalay, 1992). Geniş bir kullanım alanına sahip doğu kayını özellikle masif mobilya, parke ve dekorasyon ürünleri ile bükme mobilya, tornacılık, kontrplak, kaplama levha, fiçı, karoseri yapımında ve kâğıt sanayisinde kullanılmaktadır. Emprenye edildiği taktirde travers yapımında da kullanılabilir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001)

2.1.1.2. Doğu Ladini

Gymnospermae'lerin Coniferae sınıfının Pinacea familyasının Abitoidae alt familyasından Picea cinsinin bir türü olan doğu ladini, 40 – 50 m boy yapan, bazen 60 m boylara ulaşan, 1,5 – 2 m çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli, sivri tepeli önemli bir orman ağacıdır. Kabuk genç gövdelerde açık renkli ve düzgün, yaşlı gövdelerde koyu renkli ve çatlaklıdır. Dallar çevresel olarak sık bir halde tüm gövdeye yerleşmiştir. Genç sürgünler ince açık renkli ve çıplaktır. Tomurcuk kahverengi, sivri ve reçinesizdir.

Doğu ladini mevcut ladin türlerinden kısa iğne yapraklarıyla ayrılır. Boyları 1–3 mm arasında değişen yapraklar, parlak koyu yeşil olup yatay kesitleri dört köşe şeklindedir. Uçları fazla sivri olmayıp her yüzünde 1 – 4 sıra stoma çizgisi vardır. 6 – 9 cm uzunluğundaki olgun kozalak açık kiremit renginde, oval ya da silindirik yapıda pulların kenarları tam olup dış pul dışarıdan görülmemektedir. İlk yaşlarda yavaş büyüyen doğu ladininde 8 – 10 yaşından sonra büyüme hızlanmakta ve uzun yıllar sürmektedir (Anşin, 1988; Anonim, 1989; Yaltırık 1994).

Odunu sarımsı beyaz renkte, boyuna kesitlerde ipek gibi parlaktır. Diri odun ve özodun renk bakımından farksız olup gövdenin iç kısmında diri odun ile aynı renkte ancak su oranı daha az olan olgun odun bulunmaktadır. Yıllık halkalar sınırlı belirgin ve ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş tedricidir. Yaz odunu kırmızımsı sarı renkte ve çok dar olup, radyal kesitte birbirine paralel şeritler oluşturmaktadır. Dar ve seyrek bir şekilde dağılmış bulunan reçine kanalları genellikle yaz odunu içinde açık renkte noktacıklar halinde ve radyal kesitte ince, fazla belirgin olmayan boyuna çizgiler halinde görülürler. Reçinesi sarı ve kahverengindedir. Çok ince olan özışınları çıplak gözle görülmemekle beraber tam radyal kesilmiş yüzeylerde mat bantlar halinde fark edilebilirler. Budaklar çoğunlukla küçük ve oval şekildedir (Bailey, 1964; Berkel, 1970; Core, 1979).

Doğu ladini yayılışını Kafkasya ile ülkemizin doğusunda 40° 23' - 43° 50' kuzey enlemleri ile 37° 40' - 44° 13' doğu boylamları arasında yapar. Ülkemizde Rusya sınırı ile Ordu-Melet ırmağı arasında, dağların denize bakan yamaçlarında saf ve karışık meşcereler oluşturur. Doğu Karadeniz'in batı kısımlarında bu ağacın yayılışını sınırlayan faktör rutubettir. Genellikle 900-2200 m yükselti arasında denize dönük nemli yamaçlarda yayılmaktadır. Karadeniz ardı bölgelerde ise, nemli deniz rüzgârlarının içlere değin taşınmasına olanak veren Çoruh Nehri ve Harşit Çayı'nın etkisinde kalan alanlarda, yüksek dağların yine kuzey yamaçlarında saf ve karışık olarak yayılış göstermektedir. Trabzon civarında saf ormanları 900-1650 m yükseklikten sonra başlamakta, Meryemana yöresinde 1500-1650 m'ye kadar çıkmaktadır (Anşin, 1988; Anonim, 1989; Eyüboğlu, 1995; Anşin, 1994).

Doğu ladini odununda çok çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları; mekanik odun hamuru ve kimyasal hamur üretimi, direk ve kalıp tahtası imalatı, bina yapımı, taşıt araçları yapımı, uçak yapımı, marangoz, mobilya, yongalevha, kaplama ve kontrplak üretimidir (Anonim, 1989; Eraslan, 1947). Ayrıca akustik özelliğinin iyi olmasından dolayı müzik aletleri yapımında da kullanılmaktadır. Kabuğun ihtiva ettiği sepi

maddesi, iğne yapraklarından elde edilen eterik yağlar ve özellikle reçinesi de pek çok alanda yararlanılan yan ürünler arasındadır (Arganaskvili, 1988).

2.1.2. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan odun örnekleri temin edilirken ağaç gövdesinin 2-4 m biçmeyle baz alınarak kereste haline getirilmiştir. Uygulanan biçme işlemi TS 2470 (1976) esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan işlemler sonucunda elde edilen parçalar, açık hava koşullarında doğal kurutmaya bırakılarak Lif Doygunluk Noktasına (LDN) ulaşmaları beklenmiştir. LDN'ye ulaşan parçalar daha sonra planya, kalınlık ve daire testere makinelerinde işlenerek deneylere ait standartlardaki boyutlara getirilmiştir. Deneylerde kullanılan bu ağaç malzemelerin mutlak surette diri odundan elde edilmeleri sağlanmıştır. Lif kıvrıklığı, budak, çürüklük gibi olumsuz unsurların bulunmadığı odun örnekleri ilgili testler öncesi ölçümlendirilmek üzere hazır hale getirilmiştir.

2.1.3. Emprenye Maddeleri

Bu çalışmada kullanılan kimyasal maddeler su iticiler (water repellent) grubuna giren organosilikon bileşikler, yani piyasada emprenye silikonu olarak bilinen beş farklı silikon bileşikleridir. Bu silikonlar sıvı halde olup "Dow Corning Chemicals" firmasından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan silikonlar ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

2.1.3.1. Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent)

Kimyasal olarak alkoksilan özellik gösterir. Kimyasalın içeriği metoksi-uçlu (3-(2-aminoetil) aminopropil) metil silseskioksanlar ve metanoldür. Sıvı formda olup rengi renksizlikten açık sarıya çalmaktadır. Bu maddede mevcut herhangi bir koku bulunmamaktadır. Kaynama noktası 100 °C'nin üzerindedir. Parlama noktası ise 27 °C'dir. Patlayıcı bir özellik barındırmamaktadır. Özgül ağırlığı 1,050 gr/cm³'tür. Normal şartlarda viskozitesi 15 centistokes' tur. Oksitleyici özelliği yoktur. Ekolojik olarak sulu ortamda yaşayan canlılara ters etkiler göstermemektedir. Ayrıca maddenin toprakta bozulabilen bir yapısı vardır (URL-3).

2.1.3.2. Dow Corning (R) Z-6341 Silan

Kimyasal olarak alkoksisisilan özellik gösterir. Kimyasalın içeriği trietoksioktilsilan ve dallanmış oktiltrietoksisisilanlardır. Sıvı formda olup rengi renksizlikten açık sarıya çalmaktadır. Koku olarak alkol içerdiğinden maddede alkol kokusu bulunmaktadır. Kaynama noktası 65 °C'nin üzerindedir. Parlama noktası ise 65 °C'dir. Patlayıcı bir özellik göstermemektedir. Özgül ağırlığı 0,875 gr/cm³'tür. Normal şartlarda viskozitesi 1 cantistokes (cSt)' dir. Oksitleyici özelliği yoktur. Ekolojik olarak sulu ortamda yaşayan canlılara ters etkiler göstermemektedir. Ayrıca madde, alkoller ve organosilikonlar açığa çıkararak suyla veya havadaki nemle hidrolize olur (URL-3).

2.1.3.3. Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon

Kimyasal olarak organik bileşik emülsiyonu özelliğindedir. Kimyasalın içeriği polibüten, trietoksioktilsilan, yağ asitle iç-yağ, trietanolamin içeren bileşikler, metoksi-uçlu fenil silseskioksanlı dimetil, metoksifenil siloksan'dır. Sıvı formda olup rengi kirli beyazdır. Çok az da olsa kokusu vardır. Kaynama noktası 65 °C'nin üzerindedir. Parlama noktası ise 100 °C'dir. Patlayıcı bir özellik göstermemektedir. Özgül ağırlığı 0,94 gr/cm³'tür. Normal şartlarda viskozitesi 5000 cSt' dir. Oksitleyici özelliği yoktur. Ekolojik olarak sulu ortamda yaşayan canlılara ters etkiler göstermemektedir. Biyolojik birikim yapmaz ve toprakta bozulan bir yapıya sahiptir. Ayrıca bu madde, alkoller ve organosilikonlar açığa çıkararak suyla veya havadaki nemle hidrolize olur (URL-3).

2.1.3.4. Dow Corning (R) IE 6683

Kimyasal olarak silikon emülsiyonu özelliğindedir. Kimyasalın içeriği silisik asit, dietoksioktilsilil trimetilsilil ester, trietoksioktilsilan, polietilen oksit loril eter, hidroksi-uçlu aminoetilaminopropil silseskioksanlı dimetil siloksan'dır. Sıvı formda olup rengi beyazdır. Çok az da olsa kokusu vardır. Kaynama noktası 100 °C'dir. Parlama noktası ise 100 °C'nin üzerindedir. 100 °C'nin üzerinde kendiliğinden tutuşma özelliği vardır. Patlayıcı bir özellik göstermemektedir. Özgül ağırlığı 1 gr/cm³'tür. Normal şartlarda viskozitesi 50 mili pascal saniye (mPas)' dir. Oksitleyici özelliği yoktur. Ekolojik olarak sulu ortamda yaşayan canlılara ters etkiler göstermemektedir. Biyolojik birikim yapmaz ve

toprakta bozunan bir yapıya sahiptir. Ayrıca bu madde, alkoller ve organosilikonlar açığa çıkararak suyla veya havadaki nemle hidrolize olur (URL-3).

2.1.3.5. Dow Corning (R) Z70 Emülsiyon

Kimyasal olarak silikon emülsiyonu özelliğindedir. Kimyasalın içeriği alkoller, C11-15-sekonder, etoksillenmiş olarak bilinmektedir. Sıvı formda olup rengi beyazdır. Çok az da olsa kokusu vardır. Kaynama noktası 100 °C'dir. Parlama noktası ise 101 °C'nin üzerindedir. Patlayıcı bir özellik göstermemektedir. Özgül ağırlığı 1 gr/cm³'tür. Normal şartlarda viskozitesi 1.000 mPa s' dan düşüktür. Oksitleyici özelliği yoktur. Ekolojik olarak sulu ortamda yaşayan canlılara ters etkiler göstermemektedir. Biyolojik birikim yapmaz ve toprakta bozunan bir yapıya sahiptir (URL-3).

2.2. Araştırma Yöntemi

2.2.1. Emprenye İşlemi

Çalışmada odun örneklerinin emprenye işlemi, dolu hücre yöntemine göre Şekil 4'te görülen laboratuvar tipi emprenye sisteminde gerçekleştirilmiştir. Emprenye edilecek deney örnekleri emprenye kazanına yerleştirildikten sonra 30 dakika süreyle 600 mm/Hg' lik vakum uygulanmış; ardından 30 dakika 5 barlık yüksek basınç uygulaması gerçekleştirilmiştir. Beş ayrı silikon bileşeni %50 ve %10 olmak üzere ikişer farklı konsantrasyonda test örnekleriyle muamele edilmiştir. Gerçekleştirilen testler ve bu testlerde kullanılan örneklerin boyutları aşağıda belirtildiği gibidir. Araştırılan her bir varyasyon için 10 tekrarlı örnek kullanılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 1000 adet örnek emprenye edilmiştir.

- a. Yoğunluk (2 x 2 x 3 cm)
- b. Su alma oranı ve su itici etkinlik (3 x 3 x 1,5 cm)
- c. Liflere paralel basınç direnci (2 x 2 x 3 cm)
- d. Dinamik eğilme (şok) direnci (2 x 2 x 30 cm)
- e. Mantar çürüklük testi (1 x 1 x 1 cm)



Şekil 4. Laboratuvar tipi silindirik emprenye kazanı

Emprenye işlemi öncesinde deney örneklerinin tam kuru ağırlıkları (M_o) 0,01 g duyarlıkta ölçülmüş ve emprenye sonrasında çözeltilerin odun içine fikse olmasının sağlanması için 80 °C’de tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmaları sağlanmıştır. Emprenye sonrasında yeniden tam kuru hale getirilen örneklerin tam kuru ağırlıkları (M_{es}) 0,01 g duyarlıkta ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Örneklerin ağırlık artışı değerleri (AAD,%) aşağıda belirtilen formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$AAD (\%) = \frac{M_{es}-M_o}{M_o} \cdot 100 \quad (1)$$

2.2.2. Fiziksel Test Yöntemleri

2.2.2.1. Tam Kuru Haldeki Özgül Ağırlık Değerinin Belirlenmesi

2 x 2 x 3 cm boyutlarındaki 100 adet emprenyeli test örneği ve 20 adet kontrol örneğinin özgül ağırlık tayini TS 2472 (1976) esaslarına göre uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Test ve kontrol örnekleri kurutma dolabında 103 ± 2 °C’de değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Daha sonra örneklerin ağırlıkları 0,01 g, boyutları 0,01 mm duyarlıkta ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla tam kuru rutubetteki (%) özgül ağırlıkları hesaplanmıştır (Örs, 1986; Bozkurt, 1987).

$$\delta_o = \frac{M_o}{V_o} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

δ_o : Tam kuru özgül ağırlık (g/cm³)

M_o : Tam kuru ağırlık (g)

V_o : Tam kuru hacim (cm³)’dir.

2.2.2.2. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerinin Belirlenmesi

Su alma oranı (SAO) ve su itici etkinlik (SİE) değerlerinin hesaplanması için 3 x 3 x 1,5 cm boyutlarında hazırlanan örneklerin tam teğet ve tam radyal yönleri içermesine dikkat edilmiştir. Emprenye edilen örnekler 103 ± 2 °C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tam kuru haldeki ağırlık ve boyutlar tespit edilmiştir. Daha sonra belirli miktardaki su içerisine üstlerine bir ağırlık konulmak suretiyle bırakılmıştır (Şekil 5). 2, 4, 8, 24, 48, 72 saat ile 1 ve 2 hafta süre boyunca deney ve kontrol örneklerinin aldığı su miktarı ile boyutları ölçülmüştür. Her bir grup için on tekrarlı örnek kullanılmıştır. Bunun için her periyot sonunda sudan alınan örneklerin üzerindeki su silinmiş ve aynı duyarlıkta ölçümler yapılmıştır. Başlangıçtaki tam kuru ağırlık değerleri kullanılarak SAO (%), her deney ve kontrol örneği için ayrı ayrı olmak üzere hesaplanmıştır. Kontrol örneklerine kıyasla emprenyeli test örneklerinin su alma oranlarında meydana gelen azalma olarak ifade edilebilecek su itici etkinlik (SİE) değerleri her deney örneği için belirlenmiştir. SAO (3) ve SİE (4) nolu eşitliklere göre hesaplanmıştır (Tomak, 2011).

$$\text{SAO (\%)} = \frac{M_2 - M_o}{M_o} \cdot 100 \quad (3)$$

$$SİE (\%) = \frac{SAOk-SAOt}{SAOk} \cdot 100 \quad (4)$$

Eşitliklerde;

Mo: Başlangıçtaki tam kuru ağırlık, M2: Her periyod sonrasında sudan çıkarılan örneğin ağırlığı,

SAOt: Test örneklerinin su alma oranı, SAOk: Kontrol örneklerinin su alma oranı,

St: Test örneklerinin hacimsel genişleme katsayısını, Sk: Kontrol örneklerinin hacimsel genişleme katsayısı ifade etmektedir.



Şekil 5. Su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerinin belirlenmesi

Tez çalışmasının ön deneme aşamasında örneklerin daralmayı önleyici etkinlik değerleri (DÖE, %) de hesaplanmış ancak söz konusu maddelerin boyutsal stabilizasyon sağlama özelliğinden çok su itici etkinlik sağladığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla tez çalışmasında DÖE değerlerinin hesaplanmasına yer verilmemiştir.

2.2.3. Mekanik Test Yöntemleri

2.2.3.1. Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi

Liflere paralel basınç direnci deneyi 2 x 2 x 3 cm boyutundaki test ve kontrol örneklerinde TS 2595 standardına göre yürütülmüştür (1997). Deney ve kontrol örneklerinin aynı yıllık halka içeren kısımlardan elde edilmesine özen gösterilmiştir. Deneylerden önce denge rutubetine getirilen örneklerin enine kesit boyutları 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Deney üniversal test makinesinde yapılmıştır (Şekil 6). Deney hızı örnekler makinede 1,5-2 dakikada kırılacak şekilde ayarlanmış olup, kırılma anındaki kuvvet (F_{max}) ölçülmüştür. Liflere paralel basınç direnci aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Bozkurt, 1986-1987; Örs, 1996).

$$\sigma_{\beta}(\text{kp/cm}^2) = \frac{F_{max}}{a \times b} \quad (5)$$

Eşitlikte;

σ_{β} : Liflere paralel basınç direnci (kp/cm^2)

F_{max} : Kırılma anındaki kuvvet (kp)

a ve b: Örnek enine kesit boyutları (cm)'dir.



Şekil 6. Liflere paralel basınç deneyinin gerçekleştirilmesi

2.2.3.2. Dinamik Eğilme (Şok) Direncinin Belirlenmesi

Dinamik eğilme direnci deneyi, TS 2470, TS 2477 esaslarına göre yapılmış ve 2 x 2 x 30 cm³ boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Klimatize edilerek hava kurusu hale getirilen örneklerin deneyden önce enine kesit boyutları 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Deney örnekleri orta kısımlarından 15 kpm'lik iş gücüne sahip pandüllü çekiç aleti ile kırılmış ve her bir örnek için kırılmadan sonra (Şekil 7) elde edilen iş miktarı 1 kpm duyarlılıkta belirlenerek şok dirençleri aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (1976).

$$\sigma_{\text{ş}} \text{ (kpm/cm}^2\text{)} = \frac{W}{a \times b} \quad (6)$$

Eşitlikte;

$\sigma_{\text{ş}}$: Şok direnci (kpm/cm²)

W: Örnek kırıldığında elde edilen iş miktarı (kpm)

a: Örnek genişliği (cm)

b: Örnek kalınlığı (cm)



Şekil 7. Deneyde kullanılan test örneğinin deney öncesi ve deney sonrasındaki durumu

2.2.4. Biyolojik Özellikler

2.2.4.1. Mantar Çürüklük Dayanımının Belirlenmesi

Modifiye edilmiş EN 113 (1980) çürüklük testi, 1 x 1 x 1 cm boyutlarındaki örneklerin kullanılmasıyla KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Mikoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney öncesi örnekler 103 ± 2 °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve tam kuru ağırlıkları (Çö) belirlenmiştir. Çürüklük testi test ve kontrol

örneklerine 5 tekrarlı olmak üzere agar ortamında uygulanmıştır (Şekil 8). Sarıçam ve kayın odunu örnekleri için esmer çürüklük mantarı *Coniophora puteana* mantarı kullanılmıştır. 1 lt saf suya 48 g malt ekstrakt-agar konularak hazırlanan çözeltinin homojen bir şekilde karışması için manyetik karıştırıcıda 5 dakika karıştırılmıştır. Çözeltiyi sterilize etmek için 1 lt lik erlenlerin ağızları alüminyum folyo ile kaplanarak 121°C'deki bir otoklavda 30 dk bekletilmiş ve süre sonunda otoklavdan çıkarılarak UV ışığı altında steril kabinde soğumaya bırakılmışlardır. Agar çözeltisinin dökme kıvamına gelmesiyle her steril plastik petri kabına bir miktar agar aktarılmış ve 1 gün boyunca UV kabininde bekletilmişlerdir. Agar çözeltilerinin iyice donması sağlandıktan sonra petrilere mantar miselleri aşılanmıştır. Misellerin petrilere iyice sarması için 20°C ve %65 bağıl nem koşullarındaki iklim dolabında bir hafta bekletilmiştir. Daha sonra örnekler yine otoklavda 120°C'de 40 dakika sterilize edilmişlerdir. Soğuduktan sonra her bir petriye 2 test ve 2 kontrol örneği yerleştirilmiştir. 30 gün 20°C ve %65 bağıl nemli bir odada mantar saldırısına bırakılan örneklerin, deney sonrasında tam kuru ağırlıkları (Çs) belirlenerek ağırlık kayıpları (%) (7) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmış ve biyolojik dayanım özellikleri değerlendirilmiştir. Örneklere hesaplama öncesi yıkanma testi uygulanmamıştır.

$$\text{Ağırlık Kaybı (\%)} = \frac{\text{Çö} - \text{Çs}}{\text{Çö}} \times 100 \quad (7)$$



Şekil 8. Mini - blok mantar çürüklük testinin uygulanışı

2.3. İstatistiksel Yöntemler

Veriler SPSS 13.0 istatistik paket programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Test örnekleri ile bunlara ait kontrol örneklerinin arasında, araştırılan odun özelliklerine ilişkili olarak istatistiksel anlamda bir farklılık olup olmadığı basit varyans analizi (BVA) ile belirlenmiştir. Etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler “Duncan” homojenlik grupları ile karşılaştırılmıştır. Su alma oranı ve su itici etkinlik değerlerinin analizi için çoğul varyans analizinde (ÇVA) tekrarlı ölçümler analizi yapılmış, etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler yine “Duncan” homojenlik grupları ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Özgül Ağırlık Değerlerine İlişkin Bulgular

Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direncinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışına ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 1’de ladin ve kayın için özetlenmiştir. Tablo 2’de basit varyans analizi (BVA) sonucu ve Tablo 3’de Duncan homojenlik grupları verilmiştir.

Tablo 1. Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direnci örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	14,34	3,87	8,38	0,96
	%10	11,86	1,78	7,70	0,37
Z-6341	%50	34,44	8,33	25,23	1,87
	%10	7,87	2,77	9,11	3,99
2-9034	%50	20,84	4,21	29,96	1,74
	%10	6,38	0,70	9,41	3,27
IE-6683	%50	23,04	3,56	30,03	9,36
	%10	5,75	0,62	20,43	4,67
Z-70	%50	36,82	9,83	41,11	9,43
	%10	8,85	1,09	15,72	3,68

Tablo 2. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	23422,668	9	2602,519	27,174	0,000
	G. içi	18197,081	190	95,774		
	Toplam	41619,748	199			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	24743,576	9	2749,286	70,635	0,000
	G. içi	7395,214	190	38,922		
	Toplam	32138,790	199			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test örnekleri arasında ağırlık artışı değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 3. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	c	1-6184 %50	f
1-6184 %10	cd	1-6184 %10	f
Z-6341 %50	a	Z-6341 %50	c
Z-6341 %10	cd	Z-6341 %10	f
2-9034 %50	b	2-9034 %50	b
2-9034 %10	d	2-9034 %10	f
IE-6683 %50	b	IE-6683 %50	b
IE-6683 %10	d	IE-6683 %10	d
Z-70 %50	a	Z-70 %50	a
Z-70 %10	cd	Z-70 %10	e

Harflerle ifade edilen homojenlik grupları, harf sırasına göre en yüksek ortalamadan en düşüğe doğru sıralanmıştır. Aynı harfle işaretlenmiş varyasyonlar istatistiksel açıdan farksızdır

Test ve kontrol örneklerinin ortalama özgül ağırlıkları standart sapma değerleri ile karşılaştırmalı olarak Tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 4. Ladin ve kayın test örneklerine ait ortalama özgül ağırlık değerleri (g/cm^3)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	0,45	0,03	0,72	0,03
	%10	0,43	0,01	0,75	0,04
Z-6341	%50	0,43	0,04	0,79	0,06
	%10	0,43	0,03	0,73	0,03
2-9034	%50	0,48	0,01	0,87	0,03
	%10	0,45	0,03	0,74	0,04
IE-6683	%50	0,50	0,02	0,78	0,03
	%10	0,43	0,02	0,73	0,04
Z-70	%50	0,56	0,04	0,87	0,03
	%10	0,44	0,02	0,73	0,04
Kontrol		0,44	0,03	0,73	0,05

Ladin ve kayın test örneklerine ait özgül ağırlık değerlerinin her bir varyasyonunun kontrolleriyle karşılaştırıldığı BVA sonuçları Tablo 5’de, Duncan homojenlik grupları Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 5. Ladin ve kayın örneklerinin özgül ağırlık değerlerine ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	0,176	10	0,018	24,286	0,000
	G. içi	0,079	109	0,001		
	Toplam	0,255	119			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	0,320	10	0,032	18,076	0,000
	G. içi	0,193	109	0,002		
	Toplam	0,513	119			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test ve kontrol örnekleri arasında özgül ağırlık değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 6. Özgül ağırlık değerlerine ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	d	1-6184 %50	d
1-6184 %10	d	1-6184 %10	cd
Z-6341 %50	d	Z-6341 %50	b
Z-6341 %10	d	Z-6341 %10	d
2-9034 %50	c	2-9034 %50	a
2-9034 %10	d	2-9034 %10	d
IE-6683 %50	b	IE-6683 %50	bc
IE-6683 %10	d	IE-6683 %10	d
Z-70 %50	a	Z-70 %50	a
Z-70 %10	d	Z-70 %10	d
Kontrol	d	Kontrol	d

3.1.2. Su alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerine İlişkin Bulgular

SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışına ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 7’de ladin ve kayın için özetlenmiştir. Tablo 8’de BVA sonucu ve Tablo 9’da Duncan homojenlik grupları verilmiştir.

Tablo 7. SAO ve SİE örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	10,18	2,76	21,57	2,48
	%10	7,01	0,80	13,79	1,68
Z-6341	%50	3,28	1,50	12,59	4,15
	%10	22,04	5,70	6,68	0,70
2-9034	%50	23,77	4,98	31,47	2,64
	%10	4,63	0,86	10,21	0,20
IE-6683	%50	20,72	2,38	24,36	0,92
	%10	3,16	0,69	8,96	0,14
Z-70	%50	37,24	5,65	38,12	1,16
	%10	6,27	0,80	10,28	0,90

Tablo 8. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	10532,821	9	1170,313	120,66	0,000
	G. içi	698,304	72	9,699		
	Toplam	11231,125	81			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	10117,089	9	1124,121	318,79	0,000
	G. içi	310,306	88	3,526		
	Toplam	10427,395	97			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test örnekleri arasında ağırlık artışı değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 9. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	c	1-6184 %50	d
1-6184 %10	cd	1-6184 %10	e
Z-6341 %50	e	Z-6341 %50	e
Z-6341 %10	b	Z-6341 %10	g
2-9034 %50	b	2-9034 %50	b
2-9034 %10	de	2-9034 %10	f
IE-6683 %50	b	IE-6683 %50	c
IE-6683 %10	e	IE-6683 %10	f
Z-70 %50	a	Z-70 %50	a
Z-70 %10	de	Z-70 %10	f

SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin, su alma testi sonrasındaki yüzde ağırlık artışına ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 10-14’de ladin ve kayın için özetlenmiştir. Kontrol örneklerine ait SAO değerleri ise Tablo 15’ de ladin ve kayın için gösterilmiştir.

Tablo 10. 1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri

Ağaç Türü	Konst. %	Suda Bekletme Süresi (saat)	SAO		SİE		SAO Kontrol	
			X	S	X	S	X	S
Ladin	%50	2	10,21	1,19	67,47	3,22	30,46	2,69
		4	16,05	2,50	57,84	7,02	35,30	2,79
		8	23,89	4,20	47,49	9,90	41,23	2,91
		24	43,97	7,13	14,15	1,91	56,48	4,478
		48	54,68	7,78	29,05	4,59	65,42	5,65
		72	68,61	6,91	22,45	2,50	84,07	10,61
		168	84,05	8,34	26,23	2,64	104,50	10,60
	336	117,33	9,68	19,52	4,53	136,89	12,81	
	%10	2	14,40	0,97	56,36	3,54		
		4	19,05	1,05	48,95	1,82		
		8	24,15	1,09	43,66	1,75		
		24	51,86	3,88	13,35	3,33		
		48	80,92	5,62	-21,80	2,58		
		72	106,20	8,04	-24,38	4,28		
168		128,4	9,71	-18,60	2,78			
336	149,26	10,21	-17,00	0,00				
Kayın	%50	2	1,66	0,99	88,73	6,71	14,76	1,95
		4	2,28	1,63	87,62	8,86	18,45	4,02
		8	5,49	2,01	78,66	7,83	25,74	4,68
		24	20,19	1,14	58,55	2,35	48,72	6,29
		48	29,66	1,28	53,78	1,99	64,18	6,05
		72	37,42	1,79	49,39	2,42	73,97	4,57
		168	62,21	5,60	27,40	6,54	85,71	4,45
	336	76,32	7,56	22,57	7,67	98,58	5,36	
	%10	2	8,65	0,70	41,34	4,78		
		4	11,61	0,47	37,02	2,55		
		8	17,20	0,61	33,16	2,40		
		24	36,03	1,96	26,04	4,04		
		48	47,83	2,93	25,47	4,57		
		72	56,31	3,47	23,86	4,69		
168		80,79	4,47	5,73	5,22			
336	96,68	3,94	1,92	4,00				

Tablo 11. Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri

Ağaç Türü	Konst. %	Suda Bekletme Süresi (saat)	SAO		SİE		SAO Kontrol	
			X	S	X	S	X	S
Ladin	%50	2	18,09	1,99	46,53	4,31	30,46	2,69
		4	24,03	3,30	39,05	1,07	35,30	2,79
		8	31,28	3,72	31,21	2,75	41,23	2,91
		24	50,62	3,93	15,72	2,96	56,48	4,478
		48	59,86	4,71	14,62	2,10	65,42	5,65
		72	78,60	10,09	16,52	3,30	84,07	10,61
		168	100,33	9,18	11,59	3,01	104,50	10,60
	336	126,46	12,42	13,39	1,82	136,89	12,81	
	%10	2	17,42	3,62	47,94	8,80		
		4	23,47	3,41	38,06	3,67		
		8	30,53	3,75	29,21	3,28		
		24	46,12	4,47	21,19	3,62		
		48	53,20	4,86	21,62	3,28		
		72	75,42	5,15	13,63	1,34		
168		93,80	5,60	11,66	0,69			
336	120,85	6,47	12,06	2,62				
Kayın	%50	2	9,67	0,91	34,43	6,21	14,76	1,95
		4	12,94	0,73	29,85	4,00	18,45	4,02
		8	18,42	4,20	28,41	16,3	25,74	4,68
		24	45,53	2,99	6,54	6,14	48,72	6,29
		48	62,19	4,67	3,08	7,27	64,18	6,05
		72	71,19	2,00	3,75	2,70	73,97	4,57
		168	82,15	2,35	4,15	2,74	85,71	4,45
	336	95,55	4,27	3,08	4,33	98,58	5,36	
	%10	2	10,84	0,46	26,52	3,14		
		4	13,70	0,70	25,70	3,81		
		8	19,25	0,53	25,19	2,07		
		24	42,86	4,43	12,01	9,10		
		48	60,06	3,05	6,41	4,75		
		72	71,18	3,51	3,76	4,74		
168		89,50	3,96	-4,42	4,63			
336	100,51	5,47	-1,95	5,55				

Tablo 12. 2-9034 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri

Ağaç Türü	Konst. %	Suda Bekletme Süresi (saat)	SAO		SİE		SAO Kontrol	
			X	S	X	S	X	S
Ladin	%50	2	15,09	2,15	52,54	3,39	30,46	2,69
		4	20,43	2,98	45,12	3,65	35,30	2,79
		8	26,15	4,39	41,54	4,19	41,23	2,91
		24	41,50	5,55	31,88	3,60	56,48	4,478
		48	47,14	6,28	33,27	3,29	65,42	5,65
		72	59,40	6,65	34,07	2,39	84,07	10,61
		168	72,03	7,84	35,76	1,95	104,50	10,60
		336	84,90	9,88	41,25	1,14	136,89	12,81
	%10	2	17,55	1,89	46,61	2,15		
		4	22,62	2,74	40,89	2,88		
		8	27,88	2,91	36,68	2,84		
		24	45,02	2,73	22,27	2,02		
		48	54,73	3,28	18,17	2,21		
		72	78,20	5,19	10,30	1,70		
		168	97,67	7,67	9,60	1,63		
		336	129,01	11,81	11,49	2,47		
Kayın	%50	2	8,34	1,20	43,43	8,17	14,76	1,95
		4	10,95	1,55	40,63	8,44	18,45	4,02
		8	16,49	2,50	35,90	9,74	25,74	4,68
		24	33,84	1,84	30,53	3,77	48,72	6,29
		48	42,65	1,60	33,53	2,49	64,18	6,05
		72	48,31	1,52	34,68	2,06	73,97	4,57
		168	60,30	2,73	29,64	3,19	85,71	4,45
		336	67,41	2,89	31,61	2,94	98,58	5,36
	%10	2	9,63	0,32	34,72	2,18		
		4	12,53	0,57	32,03	3,11		
		8	19,00	0,72	26,15	2,80		
		24	40,25	1,82	17,37	3,74		
		48	52,25	2,09	18,58	3,25		
		72	59,99	1,92	18,89	2,59		
		168	71,19	2,29	16,93	2,67		
		336	81,84	3,25	16,97	3,29		

Tablo 13. IE-6683 kimyasalı ile empenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri

Ağaç Türü	Konst. %	Suda Bekletme Süresi (saat)	SAO		SİE		SAO Kontrol	
			X	S	X	S	X	S
Ladin	%50	2	19,51	2,59	34,93	4,27	30,46	2,69
		4	22,71	6,34	31,04	5,86	35,30	2,79
		8	31,64	3,56	24,30	2,26	41,23	2,91
		24	46,38	2,11	18,06	1,25	56,48	4,478
		48	52,87	2,63	19,85	2,22	65,42	5,65
		72	68,19	6,98	20,06	5,13	84,07	10,61
		168	83,51	6,05	21,82	4,41	104,50	10,60
		336	104,87	8,18	25,65	3,29	136,89	12,81
	%10	2	23,30	2,21	26,44	2,08		
		4	27,31	2,88	25,47	5,74		
		8	33,49	2,66	20,18	3,19		
		24	52,38	2,25	7,75	2,01		
		48	62,59	2,36	6,40	1,88		
		72	83,95	4,87	4,93	0,36		
		168	104,33	5,41	4,88	0,78		
		336	130,22	8,82	10,18	1,65		
Kayın	%50	2	8,66	0,35	41,26	2,40	14,76	1,95
		4	11,12	0,52	39,70	2,83	18,45	4,02
		8	15,99	0,87	37,86	3,38	25,74	4,68
		24	33,37	2,25	31,49	4,62	48,72	6,29
		48	45,38	2,31	29,27	3,60	64,18	6,05
		72	51,58	2,79	30,26	3,78	73,97	4,57
		168	66,15	4,29	22,81	5,01	85,71	4,45
		336	77,95	5,23	20,92	5,30	98,58	5,36
	%10	2	10,21	1,01	30,77	6,86		
		4	13,10	0,96	28,99	5,24		
		8	20,15	0,76	21,71	2,99		
		24	43,25	0,95	11,21	1,95		
		48	57,30	1,18	10,70	1,85		
		72	64,79	1,03	12,40	1,40		
		168	77,80	1,68	9,22	1,96		
		336	88,33	3,03	10,39	3,07		

Tablo 14. Z-70 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) SİE (%) ve SAO Kontrol değerleri

Ağaç Türü	Konst. %	Suda Bekletme Süresi (saat)	SAO		SİE		SAO Kontrol	
			X	S	X	S	X	S
Ladin	%50	2	27,97	1,58	7,21	0,60	30,46	2,69
		4	33,68	2,01	8,56	0,54	35,30	2,79
		8	39,18	1,96	7,97	1,46	41,23	2,91
		24	49,01	1,75	13,14	2,46	56,48	4,478
		48	55,72	1,71	15,05	1,77	65,42	5,65
		72	67,75	6,34	20,21	3,48	84,07	10,61
		168	82,45	3,79	22,23	2,04	104,50	10,60
		336	98,12	5,76	30,30	2,46	136,89	12,81
	%10	2	38,15	2,55	-24,75	5,59		
		4	44,29	2,55	-25,23	3,57		
		8	50,44	2,42	-22,26	4,09		
		24	64,43	2,87	-18,17	1,31		
		48	75,04	4,31	-20,61	2,33		
		72	94,66	7,06	-20,27	1,19		
		168	114,61	6,85	-15,20	0,93		
		336	135,04	7,16	-2,27	1,06		
Kayın	%50	2	16,72	5,51	-13,31	37,35	14,76	1,95
		4	21,17	6,34	-14,77	34,38	18,45	4,02
		8	25,85	5,77	-0,44	22,45	25,74	4,68
		24	36,21	4,12	25,65	8,45	48,72	6,29
		48	43,50	3,55	32,21	5,53	64,18	6,05
		72	47,23	3,62	36,14	4,89	73,97	4,57
		168	55,59	3,31	35,13	3,86	85,71	4,45
		336	62,99	3,47	36,09	3,52	98,58	5,36
	%10	2	17,08	1,04	-15,72	7,09		
		4	20,72	1,24	-12,34	6,77		
		8	27,03	1,59	-5,02	6,20		
		24	46,87	1,98	3,78	4,07		
		48	59,21	2,81	7,74	4,39		
		72	65,51	3,22	11,43	4,35		
		168	83,91	5,78	2,09	6,750		
		336	96,18	6,12	2,43	6,212		

Ladin ve kayın test örneklerine ait SAO ve SİE değerlerinin (%) her bir varyasyonunun kontrolleriyle karşılaştırıldığı Çoğul Varyans Analizinde (ÇVA) tekrarlı ölçümler analizi sonuçları Tablo 15’de, Duncan homojenlik grupları Tablo 16’da verilmektedir.

Tablo 15. SAO ve SİE değerlerinin (%) Çoğul Varyans Analizinde (ÇVA) tekrarlı ölçümler analizi sonuçları

Vary.	ÇVA-Tekrarlı Ölçümler Analizi					
	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser.Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Ö. Der.
Ladin-SAO	Kimyasal(A)	17582,218	4	4395,554	24,193	0,000
	Konsantrasyon (B)	29254,550	1	29254,550	161,016	0,000
	A*B	14787,944	4	3696,986	20,348	0,000
	Hata	19440,545	107	181,687		
	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser.Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Ö. Der.
Ladin-SİE	Kimyasal(A)	43781,633	4	10945,408	331,994	0,000
	Konsantrasyon (B)	24205,261	1	24205,261	734,190	0,000
	A*B	12034,965	4	3008,741	91,261	0,000
	Hata	1120,934	34	32,969		
	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser.Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Ö. Der.
Kayın-SAO	Kimyasal(A)	15101,428	4	3775,357	68,525	0,000
	Konsantrasyon (B)	14620,921	1	14620,921	265,378	0,000
	A*B	4229,459	4	1057,365	19,192	0,000
	Hata	5674,762	103	55,095		
	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser.Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Ö. Der.
Kayın-SİE	Kimyasal(A)	91883,237	4	22970,809	84,495	0,000
	Konsantrasyon (B)	47690,675	1	47690,675	175,424	0,000
	A*B	16497,904	4	4124,476	15,171	0,000
	Hata	22836,152	84	271,859		
	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser.Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Ö. Der.

ÇVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test örnekleri arasında SAO ve SİE değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 16. SAO ve SİE değerlerine (%) ait Duncan homojenlik grupları

Test	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	
		Ladin	Kayın
SAO	1-6184	b	e
	Z-6341	b	b
	2-9034	c	e
	IE-6683	b	d
	Z-70	a	c
	Kontrol	a	a
SİE	1-6184	b	a
	Z-6341	b	d
	2-9034	a	b
	IE-6683	c	c
	Z-70	d	e
SAO	%10	b	b
	%50	c	c
	Kontrol	a	a

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Liflere Paralel Basınç Direnci (LPBD) Değerlerine İlişkin Bulgular

Liflere paralel basınç direncinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin emprenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışına ait aritmetik ortalama (\bar{X}) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 1’de ladin ve kayın için özetlenmiştir. Tablo 2’de basit varyans analizi (BVA) sonucu ve Tablo 3’de Duncan homojenlik grupları verilmiştir.

Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait aritmetik ortalama (\bar{X}) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 17’de ladin ve kayın için özetlenmiştir. Tablo 18’de basit varyans analizi (BVA) sonucu ve Tablo 19’da Duncan homojenlik grupları verilmiştir.

Tablo 17. Ladin ve kayın odunu örneklerinin liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm^2)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	45,29	4,25	72,12	2,72
	%10	50,07	3,31	77,29	7,24
Z-6341	%50	45,32	3,56	69,25	6,17
	%10	46,15	2,17	74,28	4,10
2-9034	%50	46,20	3,80	73,61	4,08
	%10	48,74	3,09	73,47	6,98
IE-6683	%50	46,70	3,20	71,67	6,03
	%10	47,32	3,14	72,68	3,46
Z-70	%50	45,87	3,50	69,99	5,24
	%10	46,88	2,84	70,83	2,01
Kontrol		40,27	2,47	63,01	3,94

Tablo 18. Liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm^2) değerlerine ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	931,542	10	93,154	9,155	0,000
	G. içi	1109,091	109	10,175		
	Toplam	2040,633	119			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	1994,698	10	199,470	8,271	0,000
	G. içi	2628,603	109	24,116		
	Toplam	4623,301	119			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test ve kontrol örnekleri arasında liflere paralel basınç direnci değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 19. Liflere paralel basınç direnci değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	c	1-6184 %50	bc
1-6184 %10	a	1-6184 %10	a
Z-6341 %50	c	Z-6341 %50	c
Z-6341 %10	bc	Z-6341 %10	ab
2-9034 %50	bc	2-9034 %50	abc
2-9034 %10	ab	2-9034 %10	abc
IE-6683 %50	bc	IE-6683 %50	bc
IE-6683 %10	abc	IE-6683 %10	abc
Z-70 %50	bc	Z-70 %50	bc
Z-70 %10	bc	Z-70 %10	bc
Kontrol	d	Kontrol	d

3.2.2. Şok Direnci Değerlerine İlişkin Bulgular

Şok direncinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin emprenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışına ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 20’de ladin ve kayın için özetlenmiştir. Tablo 21’de basit varyans analizi (BVA) sonucu ve Tablo 22’de Duncan homojenlik grupları verilmiştir.

Tablo 20. Şok direnci örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	14,96	0,76	22,01	6,33
	%10	8,66	1,64	26,69	1,68
Z-6341	%50	12,67	5,60	26,40	7,96
	%10	6,60	1,95	19,68	2,75
2-9034	%50	12,45	1,50	18,38	2,10
	%10	8,55	1,07	2,87	1,48
IE-6683	%50	9,11	1,93	9,56	2,08
	%10	10,77	6,77	2,94	1,02
Z-70	%50	10,96	2,23	16,05	1,68
	%10	8,17	1,70	5,40	0,80

Tablo 21. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	580,098	9	64,455	6,500	0,000
	G. içi	892,522	90	9,917		
	Toplam	1472,620	99			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	7644,040	9	849,338	65,748	0,000
	G. içi	1162,624	90	12,918		
	Toplam	8806,664	99			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test örnekleri arasında ağırlık artışı değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 22. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	a	1-6184 %50	b
1-6184 %10	cd	1-6184 %10	a
Z-6341 %50	ab	Z-6341 %50	a
Z-6341 %10	d	Z-6341 %10	bc
2-9034 %50	ab	2-9034 %50	cd
2-9034 %10	cd	2-9034 %10	f
IE-6683 %50	cd	IE-6683 %50	e
IE-6683 %10	bc	IE-6683 %10	f
Z-70 %50	bc	Z-70 %50	d
Z-70 %10	cd	Z-70 %10	f

Test ve kontrol örneklerinin ortalama şok direnci değerleri standart sapma değerleri ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 23'de verilmektedir.

Tablo 23. Ladin ve kayın test örneklerine ait ortalama şok direnci değerleri (J/cm²)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	3,68	0,51	6,80	1,23
	%10	3,34	0,47	6,24	0,55
Z-6341	%50	3,51	0,59	8,74	1,62
	%10	3,60	0,68	8,29	0,76
2-9034	%50	3,36	0,65	7,44	0,63
	%10	4,02	0,79	6,37	0,54
IE-6683	%50	3,31	0,85	5,61	0,72
	%10	3,43	0,55	4,68	0,68
Z-70	%50	3,11	0,45	5,54	0,68
	%10	3,68	0,65	7,06	0,91
Kontrol		3,62	0,65	7,90	1,49

Ladin ve kayın test örneklerine ait şok direnci değerlerinin her bir varyasyonunun kontrolleriyle karşılaştırıldığı BVA sonuçları Tablo 24’de, Duncan homojenlik grupları Tablo 25’de verilmektedir.

Tablo 24. Ladin ve kayın örneklerinin şok direnci değerlerine ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	5,923	10	0,592	1,453	0,168
	G. içi	43,215	106	0,408		
	Toplam	49,138	116			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	156,539	10	15,654	16,005	0,000
	G. içi	96,826	99	0,978		
	Toplam	253,365	109			

BVA sonuçlarına göre kayın ağaç türünün test ve kontrol örnekleri arasında şok direnci değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanırken, ladin ağaç türünün test ve kontrol örnekleri arasında anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmamıştır.

Tablo 25. Şok direnci değerlerine ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	ab	1-6184 %50	de
1-6184 %10	b	1-6184 %10	ef
Z-6341 %50	ab	Z-6341 %50	a
Z-6341 %10	ab	Z-6341 %10	ab
2-9034 %50	b	2-9034 %50	bcd
2-9034 %10	a	2-9034 %10	ef
IE-6683 %50	b	IE-6683 %50	fg
IE-6683 %10	ab	IE-6683 %10	g
Z-70 %50	b	Z-70 %50	fg
Z-70 %10	ab	Z-70 %10	cde
Kontrol	ab	Kontrol	abc

3. 3. Biyolojik Özellikler

3.3.1. Mantar Çürüklük Dayanımı Değerlerine İlişkin Bulgular

Mantar çürüklük testinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışına ait aritmetik ortalama (X) ve standart sapma (S) değerleri Tablo 26'da ladin ve kayın için özetlenmiştir. Tablo 27'de basit varyans analizi (BVA) sonucu ve Tablo 28'de Duncan homojenlik grupları verilmiştir.

Tablo 26. Mantar çürüklük testi örneklerine ait ağırlık artışı değerleri (%)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	19,89	1,45	16,67	2,31
	%10	12,33	3,27	8,12	1,38
Z-6341	%50	6,37	2,72	24,53	6,15
	%10	5,28	2,12	3,48	1,65
2-9034	%50	38,28	3,58	26,26	2,05
	%10	12,12	1,81	5,89	0,78
IE-6683	%50	24,61	3,04	17,31	2,31
	%10	6,67	2,42	4,10	0,96
Z-70	%50	47,76	10,10	30,56	2,26
	%10	10,90	1,51	5,98	0,77

Tablo 27. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	18852,818	9	2094,758	130,69	0,000
	G. içi	1442,498	90	16,028		
	Toplam	20295,316	99			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	9261,028	9	1029,003	159,48	0,000
	G. içi	580,674	90	6,452		
	Toplam	9841,702	99			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test örnekleri arasında ağırlık artışı değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 28. Ağırlık artışı değerlerine (%) ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	d	1-6184 %50	c
1-6184 %10	e	1-6184 %10	d
Z-6341 %50	f	Z-6341 %50	b
Z-6341 %10	f	Z-6341 %10	f
2-9034 %50	b	2-9034 %50	b
2-9034 %10	e	2-9034 %10	de
IE-6683 %50	c	IE-6683 %50	c
IE-6683 %10	f	IE-6683 %10	ef
Z-70 %50	a	Z-70 %50	a
Z-70 %10	e	Z-70 %10	de

Test ve kontrol örneklerinin ortalama ağırlık kaybı değerleri (%) standart sapma değerleri ile karşılaştırmalı olarak Tablo 29'da verilmektedir.

Tablo 29. Ladin ve kayın test örneklerine ait ortalama ağırlık kaybı değerleri (%)

Kimyasal Madde	Konsantrasyon	Ladin		Kayın	
		X	S	X	S
1-6184	%50	5,67	1,42	4,64	0,21
	%10	5,06	0,48	4,50	1,68
Z-6341	%50	5,10	1,76	6,80	4,21
	%10	5,71	1,23	4,10	1,22
2-9034	%50	4,62	0,80	4,10	1,35
	%10	4,36	1,05	5,48	2,26
IE-6683	%50	17,50	2,30	4,10	0,92
	%10	6,67	1,54	4,46	0,74
Z-70	%50	4,89	1,05	3,77	0,87
	%10	6,99	1,42	3,94	1,02
Kontrol		27,92	7,84	23,91	6,29

Ladin ve kayın test örneklerine ait ağırlık kaybı değerlerinin her bir varyasyonunun kontrolleriyle karşılaştırıldığı BVA sonuçları Tablo 30'da, Duncan homojenlik grupları Tablo 31'de verilmektedir.

Tablo 30. Ladin ve kayın örneklerinin ağırlık kaybı değerlerine (%) ilişkin BVA sonuçları

Ağaç Türü	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
Ladin	G. arası	10411,505	10	1041,150	30,228	0,000
	G. içi	2583,209	75	34,443		
	Toplam	12994,713	85			
Kayın	Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	G. arası	7615,332	10	761,533	32,547	0,000
	G. içi	1637,870	70	23,398		
	Toplam	9253,202	80			

BVA sonuçlarına göre her iki ağaç türünün test ve kontrol örnekleri arasında ağırlık kaybı değerleri bakımından anlamlı istatistiksel farklılıklar saptanmıştır.

Tablo 31. Ağırlık kaybı değerlerine ilişkin Duncan homojenlik grupları

Ladin		Kayın	
Varyasyonlar	Homojenlik Grupları	Varyasyonlar	Homojenlik Grupları
1-6184 %50	a	1-6184 %50	b
1-6184 %10	a	1-6184 %10	b
Z-6341 %50	a	Z-6341 %50	b
Z-6341 %10	a	Z-6341 %10	b
2-9034 %50	a	2-9034 %50	b
2-9034 %10	a	2-9034 %10	b
IE-6683 %50	b	IE-6683 %50	b
IE-6683 %10	a	IE-6683 %10	b
Z-70 %50	a	Z-70 %50	b
Z-70 %10	a	Z-70 %10	b
Kontrol	c	Kontrol	a

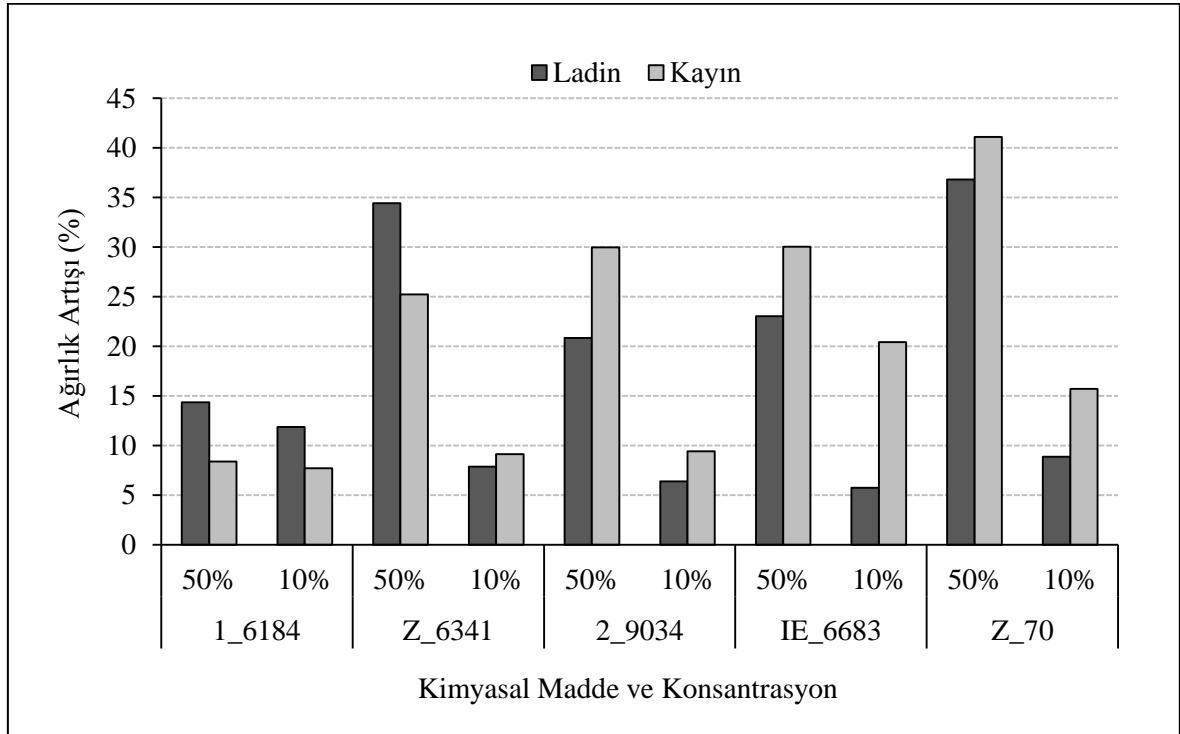
4. İRDELEME

Bu bölümde; silikon bazlı kimyasal maddelerle emprenye edilen ladin ve kayın odunu test örnekleri ile aynı ağaç gruplarına ait kontrol örneklerinde meydana gelen değişimler, grafiksel incelemelerin ışığı altında açıklanmaya çalışılmıştır.

4.1. Fiziksel Özelliklerin İrdelenmesi

4.1.1. Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Özgül Ağırlık Değerleri Üzerine Etkisi

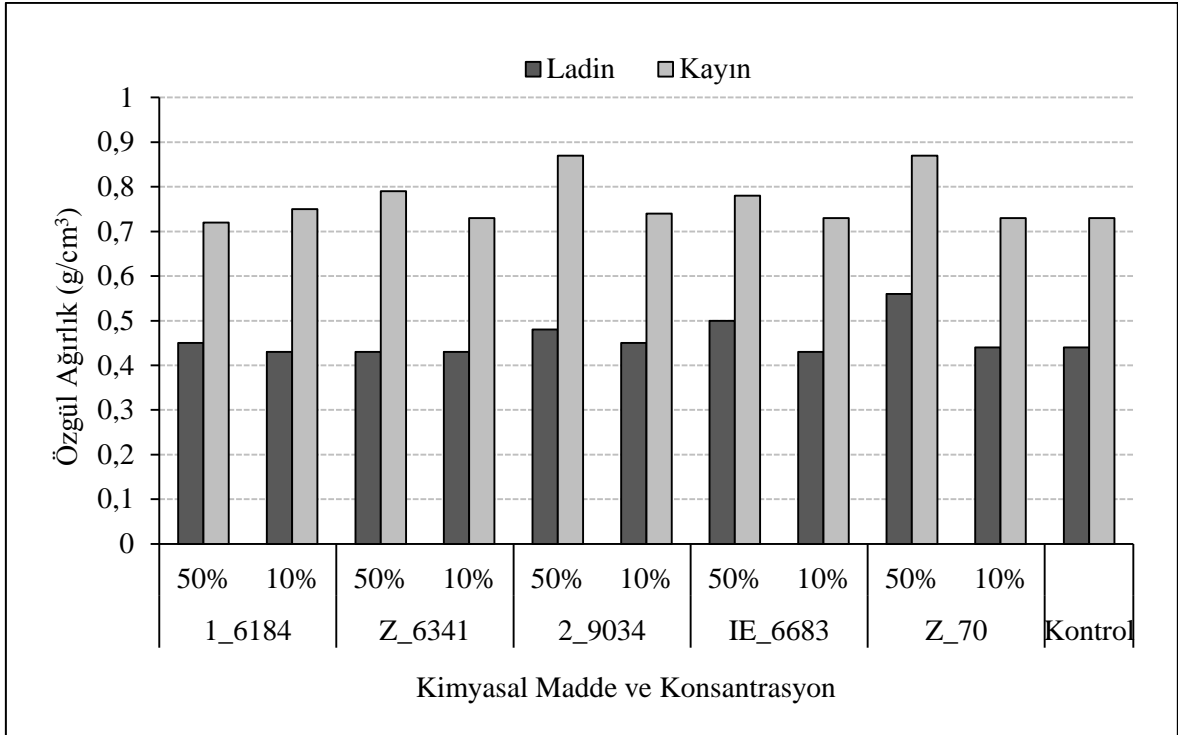
Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direncinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin emprenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim Şekil 9'da, özgül ağırlık değerlerindeki (g/cm^3) değişim ise Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direnci test örneklerinin ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim

Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direncinin değerlendirilmesinde kullanılan ladin odunu test örneklerinin emprenye sonrası ağırlık artışı aralığı %5,75 ile %36,82 arasındadır. En düşük sonuç IE 6683 kimyasalının %10' luk konsantrasyonunda görülürken en yüksek sonuç Z 70 kimyasalının %50' lik konsantrasyonunda görülmüştür. Özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direncinin değerlendirilmesinde kullanılan kayın odunu test örneklerinin emprenye sonrası ağırlık artışı aralığı ise %7,70 ile %41,11 arasındadır. En düşük sonuç 1-6184 kimyasalının %10'luk konsantrasyonunda görülürken en yüksek sonuç Z 70 kimyasalının %50' lik konsantrasyonunda görülmüştür.

Şekil 9' daki özgül ağırlık ve liflere paralel basınç direnci test örneklerinin ağırlık artışı grafiğinde en fazla değere sahip olan Z 70 maddesinin %50 konsantrasyonunun meydana getirdiği ağırlık artışının sebebi ise Z 70 maddesinin odun yapısı ile daha iyi bir bağ kurması ve daha fazla polimerleşmesi olabilir. Ayrıca bilindiği üzere ladin emprenyesi zor olan bir ağaç türü olduğundan kayına oranla daha güç emprenye olması beklenmektedir. Yapısında gerçekleşen geçit aspirasyonu emprenyenin güç olmasına gösterilecek en büyük sebeptir. Ancak çalışmada 1-6184 kimyasal maddesinin her iki konsantrasyonunda ladin odununda kayın oduna oranla daha fazla ağırlık artışı meydana geldiği net olarak görülmektedir. Can (2011) yaptığı çalışmada emprenyesi güç olan ladin odun örneklerinde kayın ve kavak odununa kıyasla daha fazla bir ağırlık artışı gözlemlemiştir. Bu artış kayın odununa kıyasla %16 iken kavak odununda %37 olarak kendini göstermiştir (Can, 2011). Buna açıklama olarak; kayına kıyasla ladin örneklerinde elde edilen yüksek ağırlık artışı değerlerinin anatomik özelliklerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sert ağaç türlerinden olan kayın odununun tam kuru yoğunluğu, yumuşak ağaç türlerinden biri olan ladinden daha yüksektir. Malzeme içinde rutubet arttıkça, yoğunluk artmaktadır. Böylece malzemenin emprenye edilebilme kabiliyeti üzerine etkili olan boşluk hacmi değişmektedir. Boşluk hacmi arttıkça, ağaç malzemenin absorbe ettiği emprenye maddesi miktarı da artmaktadır. Özellikle dolu hücre yöntemi uygulamalarında, ağaç malzemenin absorbe ettiği emprenye maddesi miktarı, boşluk hacmi ile doğru orantılıdır (Bozkurt, 1993). Ladin örneklerinin boşluk hacmi kayın örneklerinden daha fazla olduğu için, bu örneklerde daha yüksek ağırlık artışı değerleri elde edilmiş olabilir.

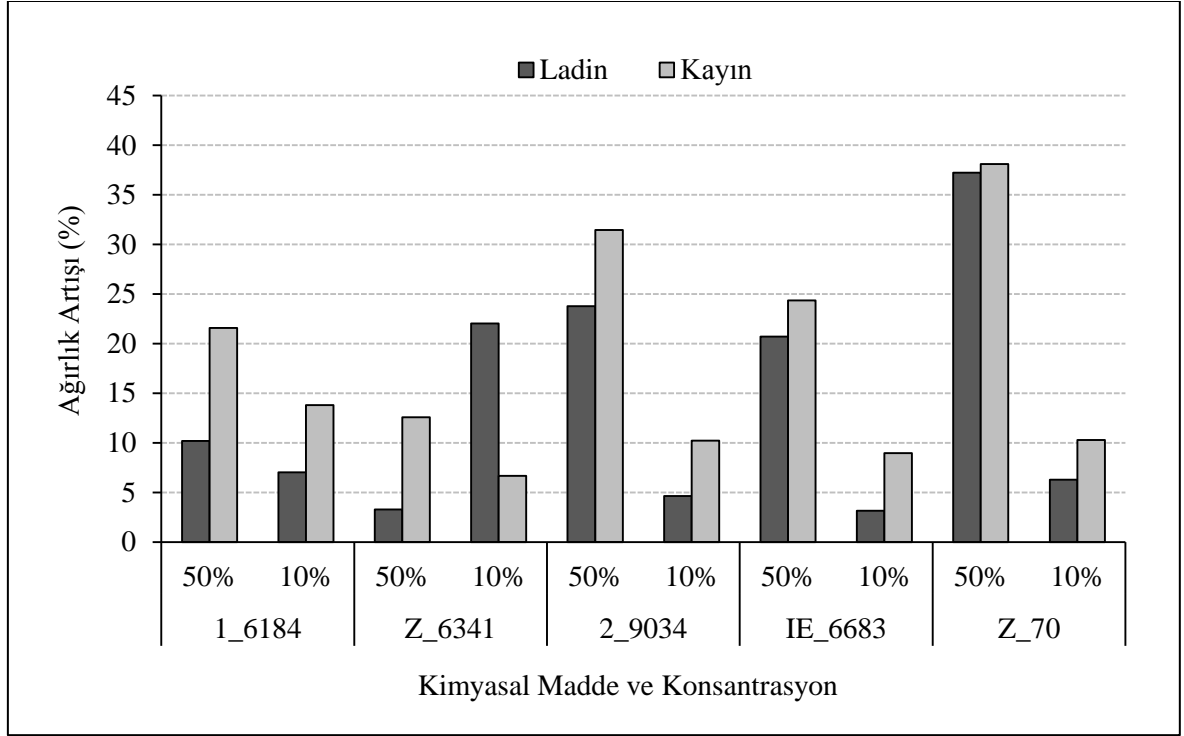


Şekil 10. Emprenye edilen ladin ve kayın örneklerinin kontrol örneklerine göre özgül ağırlık değerlerindeki (g/cm^3) değişim

Emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinde özgül ağırlık değerleri (g/cm^3) kontrol örneklerine göre önemli miktarda değişmemiştir. Ladin kontrol örneklerindeki özgül ağırlık değeri $0,44 \text{ gr/cm}^3$ iken test örneklerinde bu değer $0,43 \text{ gr/cm}^3$ ile $0,56 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir. $0,43 \text{ gr/cm}^3$ lük değer birkaç maddede birden görülürken $0,56 \text{ gr/cm}^3$ lük değer beklenildiği üzere Z 70 kimyasalının %50' lik konsantrasyonunda görülmüştür. Kayın kontrol örneklerindeki özgül ağırlık değeri ise $0,73 \text{ gr/cm}^3$ iken test örneklerinde bu değer $0,72 \text{ gr/cm}^3$ ile $0,87 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir. En düşük değer 1-6184 maddesinin %50 konsantrasyonunda görülürken en yüksek yine beklenildiği gibi Z 70 maddesinin yine aynı konsantrasyonunda görülmüştür. Çalışmada özgül ağırlık test örneklerinde bir miktar ağırlık artışı olması ve bunun özgül ağırlık değerlerine çok yansımaması test örnekleri yüzeyinde emprenye sonrası meydana gelen olası bir polimerleşmeden ileri gelen hacimsel artış olarak gösterilebilir.

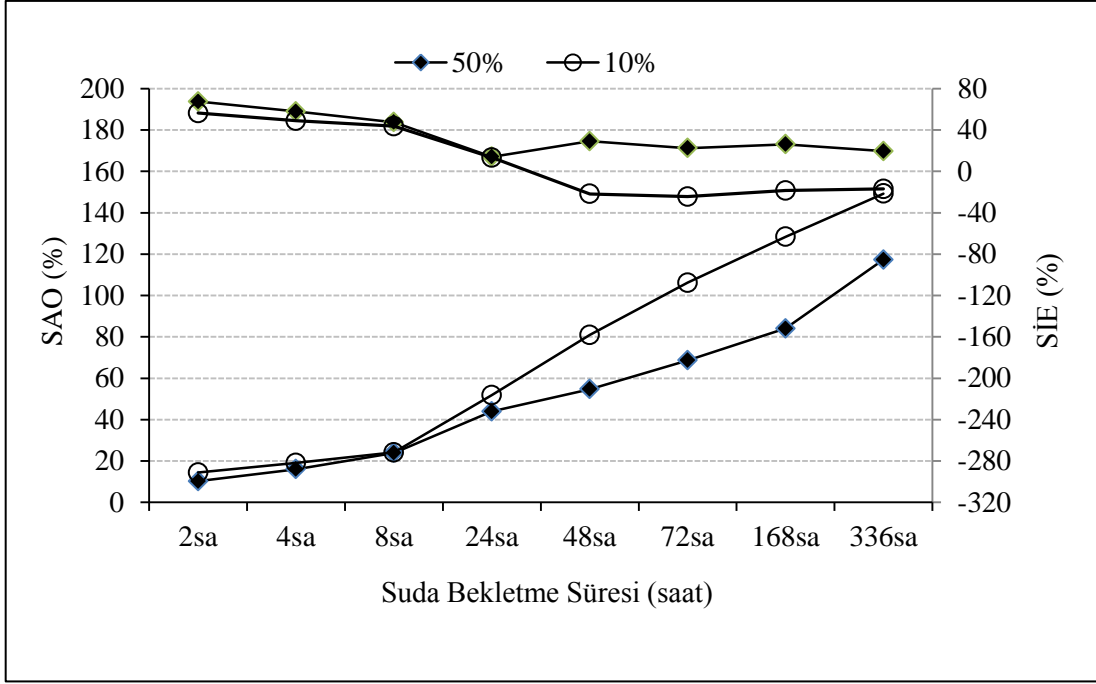
4.1.2. Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerleri Üzerine Etkisi

SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı (%) değerlerindeki değişim Şekil 11’de, SAO ve SİE değerlerindeki (%) değişim ise Şekil 12-21’de gösterilmektedir.

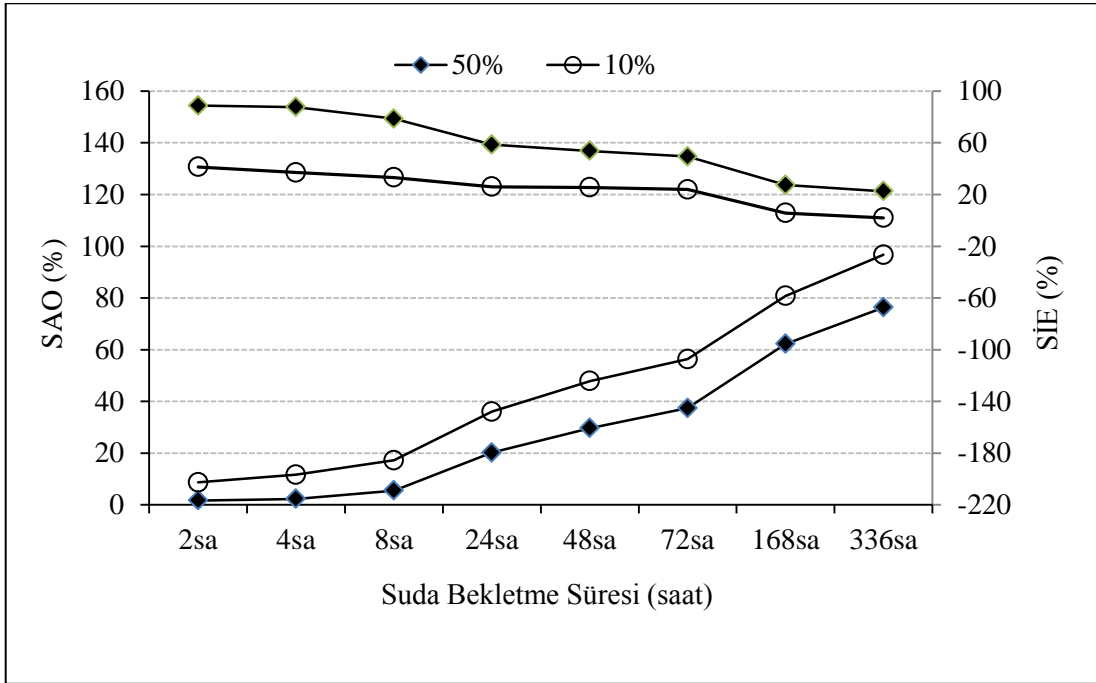


Şekil 11. SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı (%) değerlerindeki değişim

Ladin ağaç türünün SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerinin empenye sonrasındaki ağırlık artışı (%) değerleri %3,16 ile %37,24 arasındadır. En düşük değer IE 6683 maddesinin %10’ luk konsantrasyonuna aitken en yüksek değer ise Z 70 maddesinin %50’ lik konsantrasyonuna aittir. Kayın test örneklerindeki SAO ve SİE testlerinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı (%) değerleri ise %6,68 ile %38,12 arasındadır. En düşük değer Z-6341 maddesinin %10’ luk konsantrasyonuna aitken yüksek değer ise Z 70 maddesinin %50’ lik konsantrasyonuna aittir.



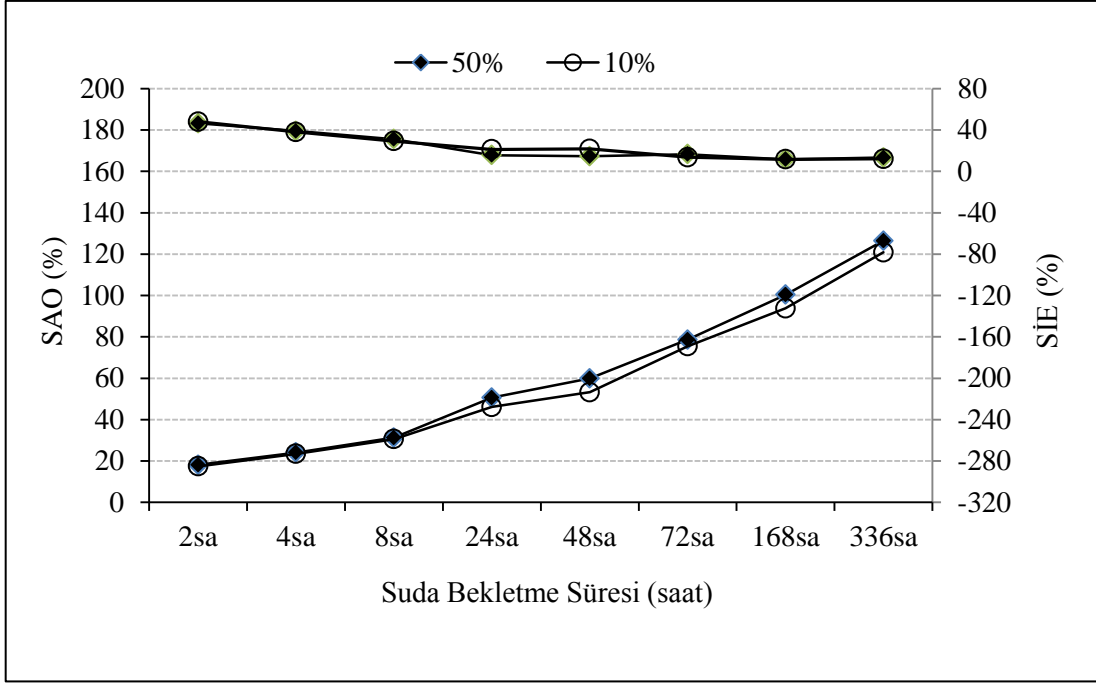
Şekil 12. 1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim



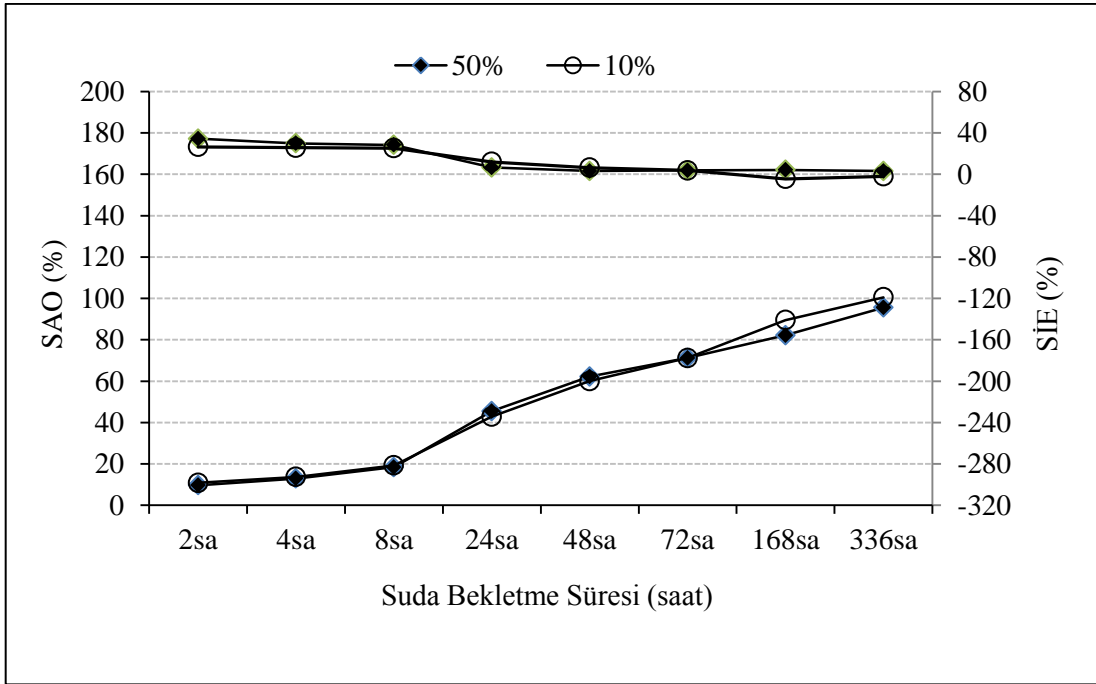
Şekil 13. 1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

Yukarıdaki her iki grafikte 1-6184 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim yer almaktadır. Şekil 12’ de ladin odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar benzer ve az sayılabilecek oranda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde önemli bir su alma meydana gelmektedir. %10 konsantrasyondaki örneklerde ani bir artış olurken %50 konsantrasyondaki örneklerde artış nispeten daha yavaş olmuştur. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %149,26; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %117,33 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerin çok fazla etken olmadığı gözlemlenmiştir. İlk 8 saatin sonuna gelindiğinde benzer performans gösteren iki konsantrasyon 8 saatin sonunda farklılıklar göstermektedir. 336 saatin sonunda %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %67,47’ den %19,52’ ye gerilerken %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %56,36’ dan %17’ lere gerilemiştir yani kontrol örneğinden de daha fazla su almıştır. Özellikle 48 saat sonra kimyasal madde yıkanarak su çekici bir özelliğe bürünmüş olabilir. Ziegler (2008) Macaristan menşeli *M. sylvestris* odun örnekleri ile yaptığı çalışmada oktadesiltri-klorosilan ile emprenye ettiği test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla su alma oranlarında önemli bir değişiklik gözlemlenmemekle birlikte 300 saat sonrasında test örneklerinin su alma oranı kontrole kıyasla daha fazla olduğunu gözlemlenmiştir (Ziegler, 2008). Bu duruma kullanılan silanın yıkanması ya da hidrolize olması sebep olabilir.

Şekil 13’ deki kayın odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar benzer ve az sayılabilecek oranda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. Ancak iki konsantrasyonda da su alma birbirine paralel olarak devam etmiştir. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %96,68 %50 konsantrasyondaki örnekler ise %76,32 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerin çok fazla etken olmadığı gözlemlenmiştir. 336 saatin sonunda %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %88,73’ den %22,57’ ye gerilerken %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %41,34’ den %1,92’ lere gerilemiştir.



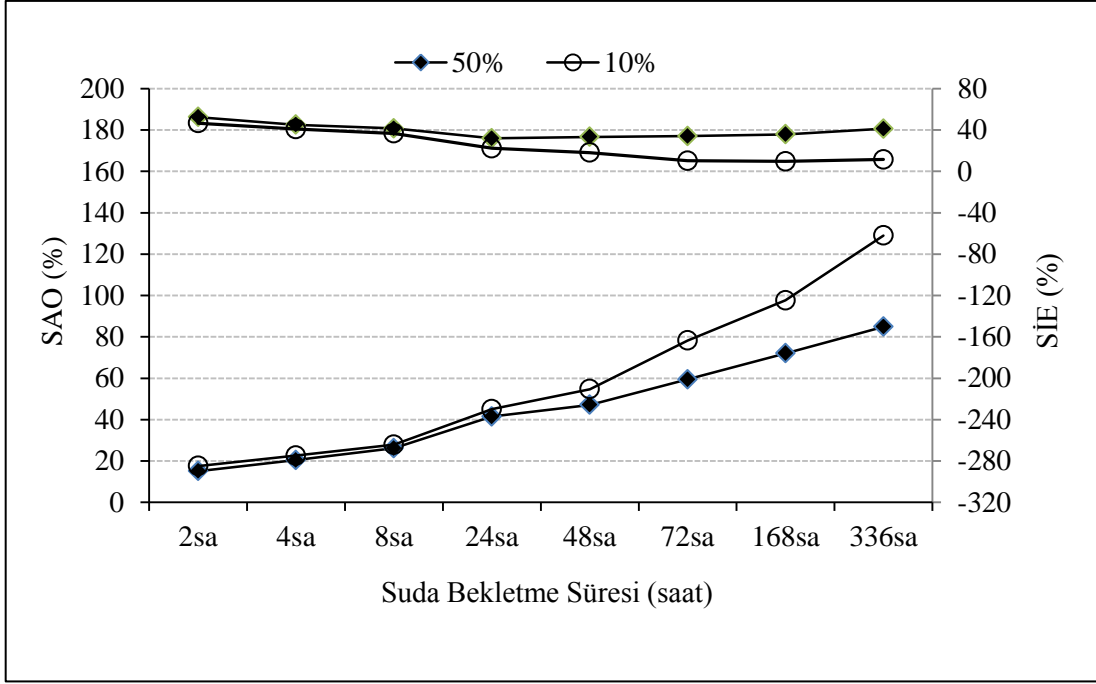
Şekil 14. Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim



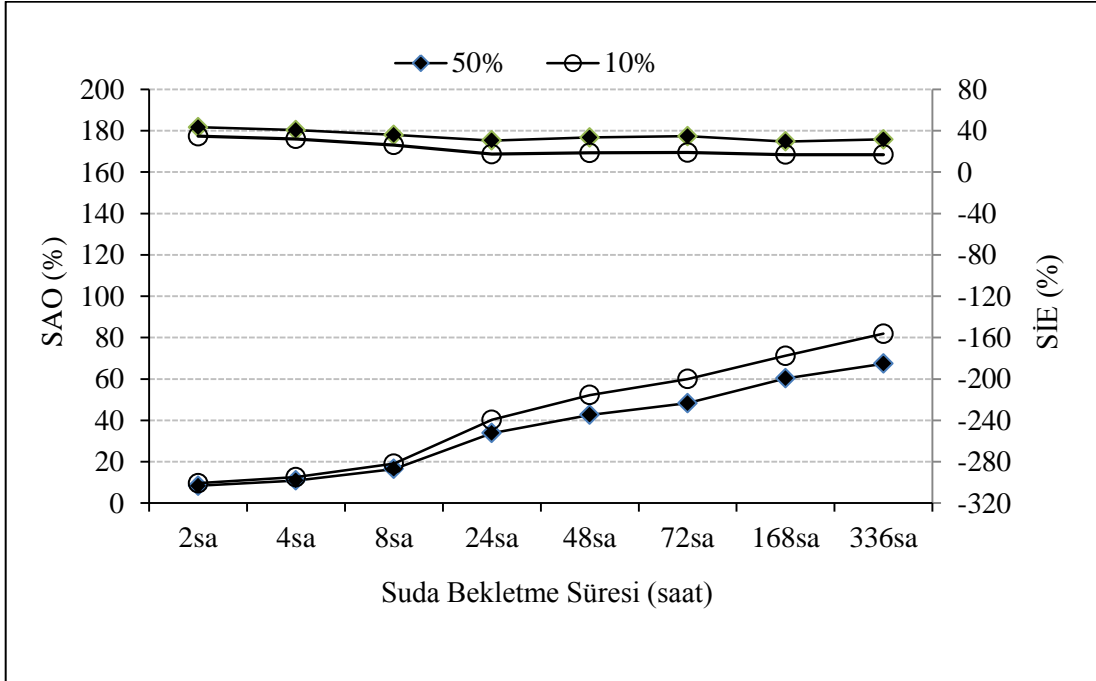
Şekil 15. Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

Yukarıdaki her iki grafikte Z-6341 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim yer almaktadır. Şekil 14' de ladin odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar aynı ve az sayılabilecek oranda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. 8 saatten sonraki artışlarda hemen hemen benzer oranda olmuştur. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %120,85; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %126,46 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerin çok fazla etken olmadığı gözlemlenmiştir. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %47,94' den %12,06' ya, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %46,53' den %13,39' a gerilemiştir. Buna göre her iki konsantrasyon da aynı oranda su itici etkinlik göstermektedir.

Şekil 15' de kayın odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar aynı ve az sayılabilecek oranda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. 8 saatten sonraki artışlarda 168 saat hariç diğerlerinde hemen hemen benzer oranda olmuştur. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %100,51; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %95,55 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerin çok fazla etken olmadığı gözlemlenmiştir. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %26,52' den -%1,95'e, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %34,43' den %3,08' e gerilemiştir. Buna göre her iki konsantrasyon da aynı oranda su itici özellik göstermektedir. Lukowsky vd (1997) tarafından yapılan bir çalışmada silikonla emprenye edilen sarıçam ve kayın test örneklerinde su itici etkinliğin zaman içinde azaldığı gözlemlenmiştir (Lukowsky vd, 1997).



Şekil 16. 2-9034 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

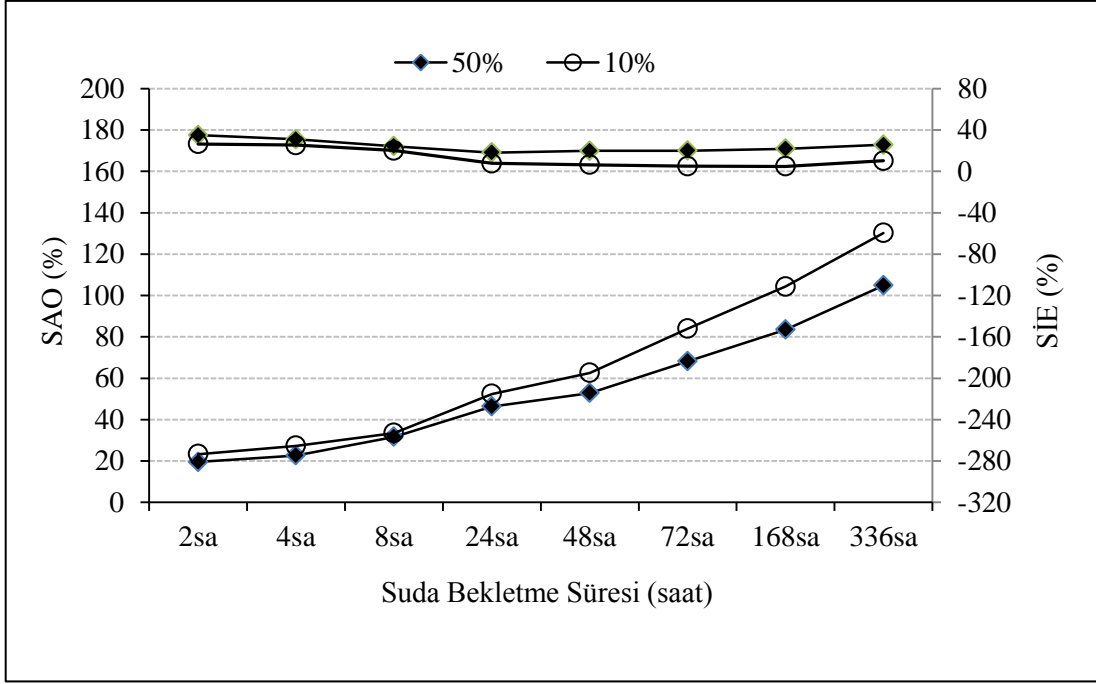


Şekil 17. 2-9034 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

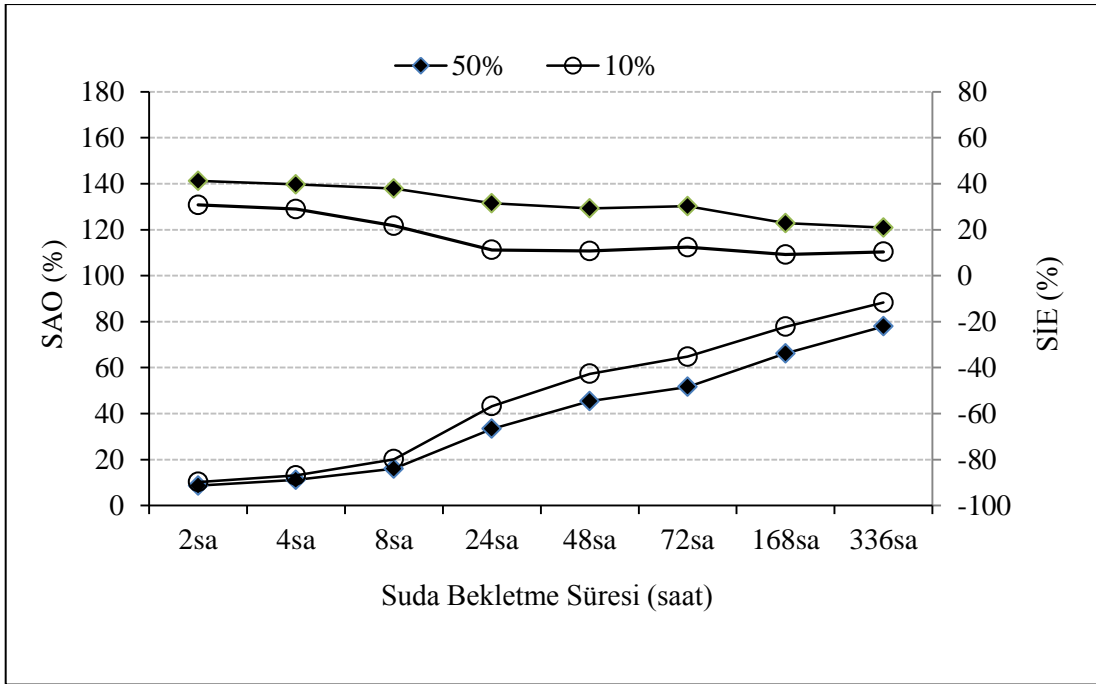
Yukarıdaki her iki grafikte 2-9034 kimyasalı ile empenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim yer almaktadır. Şekil 16' da ladin odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar aynı ve az sayılabilecek oranda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %129,01; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %84,90 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde %50' lik konsantrasyonun diğer maddelere nispeten daha stabil kaldığı ve etkili olduğu varsayılabilir. Bunda kullanılan kimyasal maddenin, hedef kitesinin ahşap ve ahşap yapı elemanları olması öngörülebilir. Kimyasal maddenin kullanım alanları irdelendiğinde havuz kenar parkeleri, bahçe mobilyaları ve çitleri, ahşap kolonlar, ahşap ön cephe elemanları, çatı tahtaları ve sundurma gibi su ile doğrudan temas halinde olabilecek yerlerde kullanıldığı görülmektedir (URL-3). 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %46,61' den %11,49' a, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %52,54' den %41,25' e gerilemiştir.

Şekil 17' de kayın odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar aynı ve az sayılabilecek oranda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %81,84; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %67,41 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde %50' lik konsantrasyonun ladinde olduğu gibi kayında da diğer maddelere nispeten daha stabil kaldığı ve etken olduğu görülebilir. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %34,72' den %16,97' ye, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %43,43' den %31,61' e gerilemiştir.

Mai vd (2005a) tarafından yapılan bir çalışmada küçük moleküllü silikon (poliaiksiloksan) maddesi sarıçam test örnekleri ile empenye edilmiş ve boyutsal stabilite artarken su alma oranında düşüş gözlenmiştir (Mai vd, 2005a).



Şekil 18. IE-6683 kimyasalı ile emprenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

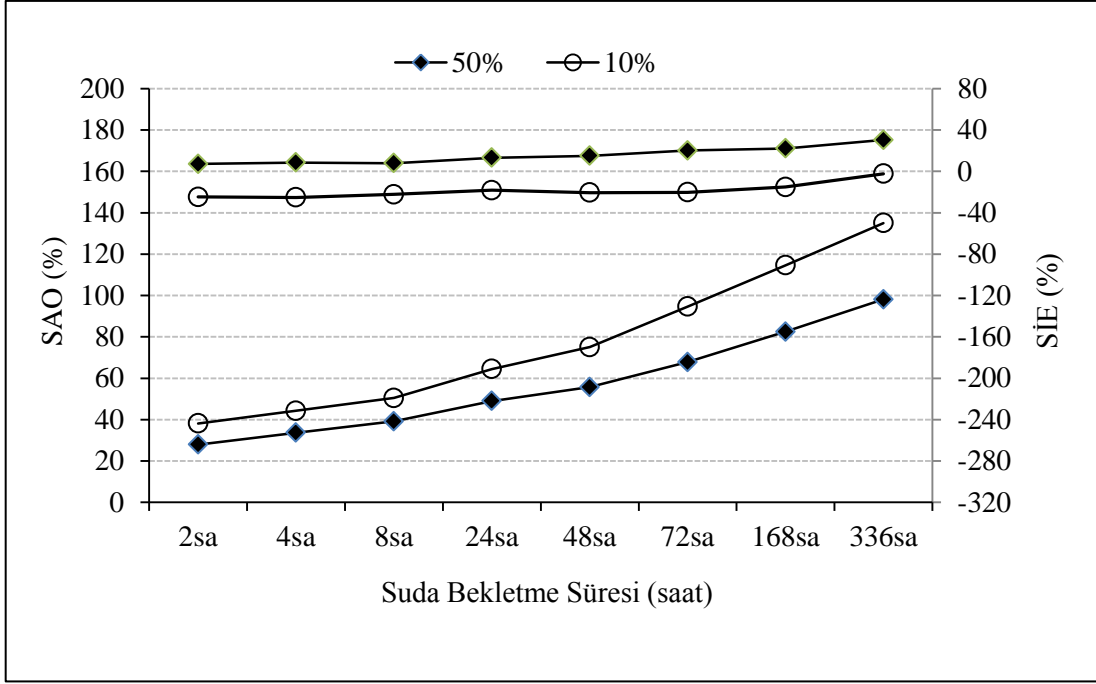


Şekil 19. IE-6683 kimyasalı ile emprenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

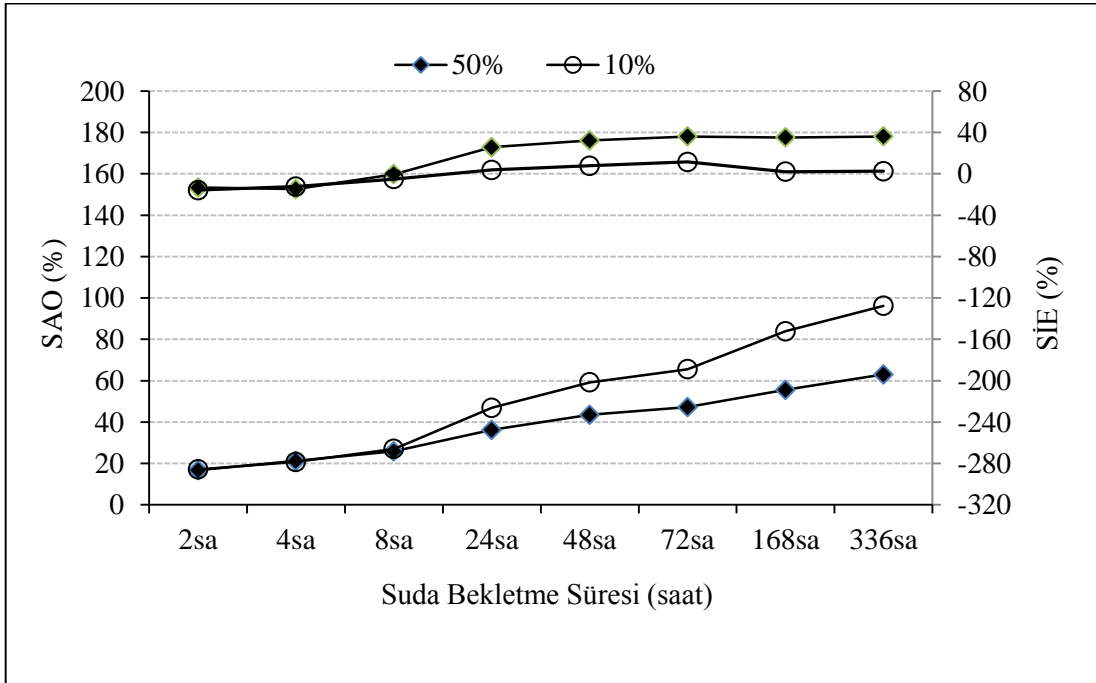
Yukarıdaki her iki grafikte IE-6683 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim yer almaktadır. Şekil 18’ de ladin odununa ait örneklerde; örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %130,22; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %104,87 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerin çok fazla etken olmadığı gözlemlenmiştir. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %26,44’ den %10,18’e, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %34,93’ den %25,65’ e gerilemiştir.

Şekil 19’ da kayın odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar yaklaşık oranlarda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %88,33; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %77,95 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerin çok fazla etken olmadığı gözlemlenmiştir. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %30,77’ den %10,39’ a, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %41,26’ dan %20,92’ ye gerilemiştir.

Tshabalala vd (2003) tarafından yapılan bir çalışmada 0,8 x 15,8 x 51,3 mm hava kurusu haldeki bataklık çamı (*P. taeda*) test örnekleri, metiltrimetoksilan ve hegzadesiltrimetoksilan karışımı ile emprenyesi sonucunda yıkanmayı önlemek adına polisiloksan ile üst yüzey işlemi uygulanmış ve odunda iyi bir su iticilik sağlanmıştır (Tshabalala vd, 2003). Terziev vd (2009) silikon ve bor karışımı kullanarak sarıçam test örneklerinin laboratuvar şartlarında su itici etkinlik ve boyutsal stabilitesini araştırmış, ancak olumlu bir sonuç alamamıştır (Terziev vd, 2009).



Şekil 20. Z-70 kimyasalı ile empenye edilen ladin odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim



Şekil 21. Z-70 kimyasalı ile empenye edilen kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim

Yukarıdaki her iki grafikte Z 70 kimyasalı ile emprenye edilen ladin ve kayın odunu örneklerinin SAO (%) ve SİE (%) değerlerindeki değişim yer almaktadır. Şekil 20' de ladin odununa ait örneklerde; örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %135,04; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %98,12 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde örneklerde 8 saatten sonrasında kontrol örnekleri test örneklerine oranla daha fazla su aldığı için şekildeki test örnekleri eğrisi yukarı çıkmaktadır. Z 70 kimyasalı nispeten bir su iticilik etkisi yarattığı söylenebilir. Bu maddenin yapısında diğer kimyasallardan farklı olarak reçine bulunduğu belirtilmektedir (URL-3). Bu özellikten dolayı her iki odun türü üzerinde sarı bir film tabaka oluştuğu ve bu durumun da odunda su itici etkinliğe olumlu etki ettiği söylenebilir. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı -%24,75 ile -%2,27 arasında iken, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı %7,21 ile %30,30 arasındadır. Bu kimyasal maddenin her iki konsantrasyonu başlangıçta az miktarda su itici özellik göstermiş 8 saatin sonunda 336 saate kadar artarak ilerlemiştir.

Şekil 21' de kayın odununa ait örneklerde; her iki konsantrasyondaki örnekler 8 saate kadar yaklaşık oranlarda su almışlardır. 8 saatten sonra örneklerde ciddi bir su alma meydana gelmektedir. Örnekler 336 saatin sonuna kadar su almışlardır. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örnekler %96,18; %50 konsantrasyondaki örnekler ise %62,99 oranında su almışlardır. Aynı şekilde örneklerin su itici etkinliği incelendiğinde ladin odununda meydana gelen değişikliğin burada da gerçekleştiği görülmüştür. 336 saatin sonunda %10 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı -%15,72 ile %2,43 arasında iken, %50 konsantrasyondaki örneklerin su iticilik oranı -%13,31 ile %36,09 arasındadır. Bu kimyasal maddenin her iki konsantrasyonu başlangıçta az miktarda su iticilik özellik göstermiş, daha sonra bu özellik artarak devam etmiştir.

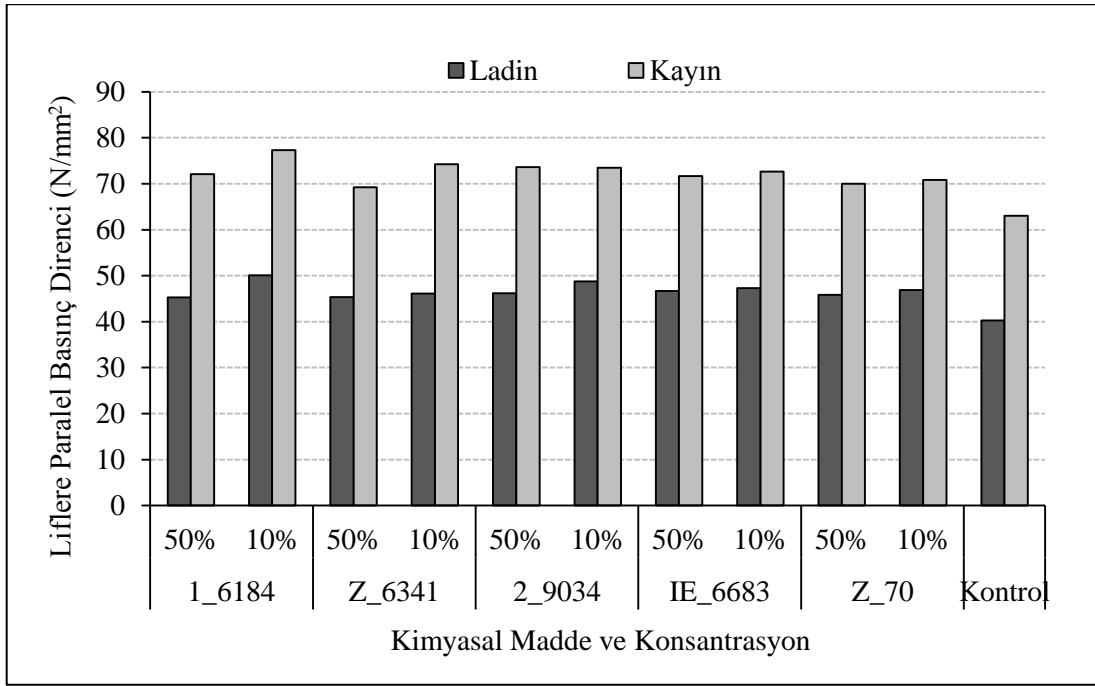
Weigenand vd (2007) sarıçam test örneklerinin amino silikon emülsiyonu ile muamelesi sonucu boyutsal stabilite ve su itici etkinlikte düşük değerler kaydetmiştir (Weigenand vd, 2007). Rowell (1981) tarafından yapılan bir diğer çalışmada silikon emprenyeli odunlarda boyutsal stabilite araştırılmış ve boyutsal stabilitenin kalıp endüstrisi gibi incelikte istenildiği yerlerde kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir (Rowell, 1981).

Çalışılan tüm kimyasal maddelerde %50' lik konsantrasyon verimi %10' luk konsantrasyona göre daha yüksektir. Buna sebep olarak yüksek konsantrasyonlu kimyasalda daha fazla aktif madde bulunması ve daha fazla polimerleşme gösterilebilir. Bunun sonucu olarak odunda suyun gireceği boşlukların azalması meydana gelmiş olabilir.

4.2. Mekanik Özelliklerin İrdelenmesi

4.2.1. Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Liflere Paralel Basınç Direnci Değerleri Üzerine Etkisi

Emprenye maddelerinin ladin ve kayın örneklerinin liflere paralel basınç direnci değerleri (N/mm^2) üzerine etkisi Şekil 22’de gösterilmiştir.



Şekil 22. Emprenye edilen ladin ve kayın örneklerinin kontrol örneklerine göre liflere paralel basınç direnci değerlerindeki (N/mm^2) değişim

Emprenye edilen ladin örneklerinin liflere paralel basınç direnci değerleri $45,29 N/mm^2$ ile $50,07 N/mm^2$ arasındadır. En düşük değer 1-6184 maddesinin %50’ lik konsantrasyonuna aitken en yüksek değer 1-6184 maddesinin %10’ luk konsantrasyonuna aittir. Kayın test örneklerinde ise; liflere paralel basınç direnci değerleri $69,25 N/mm^2$ ile $77,29 N/mm^2$ arasındadır. En düşük değer Z-6341 maddesinin %50’ lik konsantrasyonuna aitken en yüksek değer 1-6184 maddesinin %10’ luk konsantrasyonuna aittir.

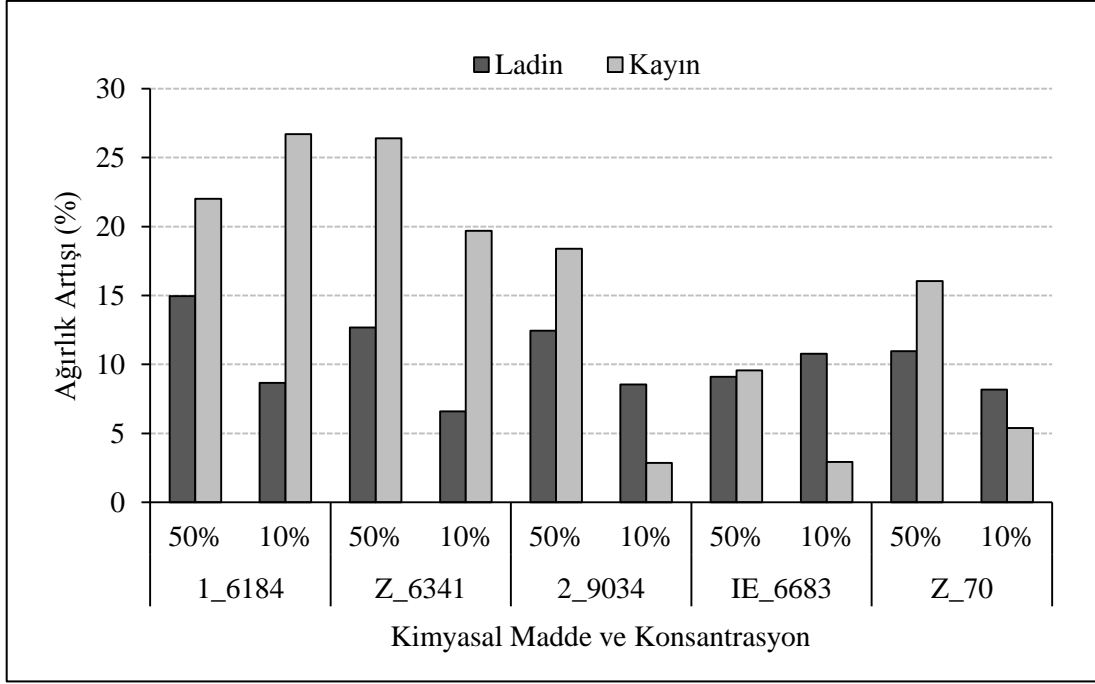
Yapılan çalışmada her iki ağaç türündeki test örneklerinde kontrole oranla çok önemli sayılamayacak artışlar görülmüştür. Burada kayın odununda direnç değerlerinin azalmaması ve ladine göre yüksek çıkması, yoğunluğunun yüksek olması ve dağınık küçük

trahe yapısına sahip olması nedeniyle olabilir. İnce çeperli ilkbahar odunu iletim elemanı olarak görev görürken, kalın çeperli yaz odunu hücreleri destek görevi görürler. Bu hücrelerin her biri bir lifi ifade eder. İYA odun lifleri ortalama olarak 3,5 mm uzunluğunda ve 0,035 mm çapındadır. YA lifleri genellikle daha kısa (1-1,5 mm) ve daha küçük çaplıdır (0,015 mm). Bu özellikler odun direncinde önemli rol oynarlar. Polimerik zincir uzunluğu arttıkça, polimerizasyon derecesi artar ve bu da odunun direncini artırır. Yapraklı ağaçlarda selüloz oranı daha yüksek olduğu için direnç de fazladır (Winandy ve Rowell, 1984).

Basınç direnci ile yoğunluk arasında doğrusal bir ilişki olduğu bilinmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Reçine muamelelerinde mekanik özelliklerin olumsuz yönde etkilenmediği, bunun artan yoğunlukla ve daha az arzu edilen direnç/yoğunluk oranı ile birlikte gözlemlendiği belirtilmiştir (Nurmi, 2011). Yıldız vd. (2005), polimer ile empenye edilen odun örneklerinde, hücre çeperinin polimer ile kaplanması nedeniyle, çeperin kalınlığının arttığı ve bununla lateral stabiliteyi arttırdığını rapor etmiştir. Basınç direnci ile lifler yönünde güç uygulanan örnekte ezilme meydana gelmekte, iç kısımlarda sert doku kısımları yumuşak doku kısımları içerisine doğru çökme göstermekte ve kırılma anında ise liflere meyilli durumda kayma gözlenmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996)

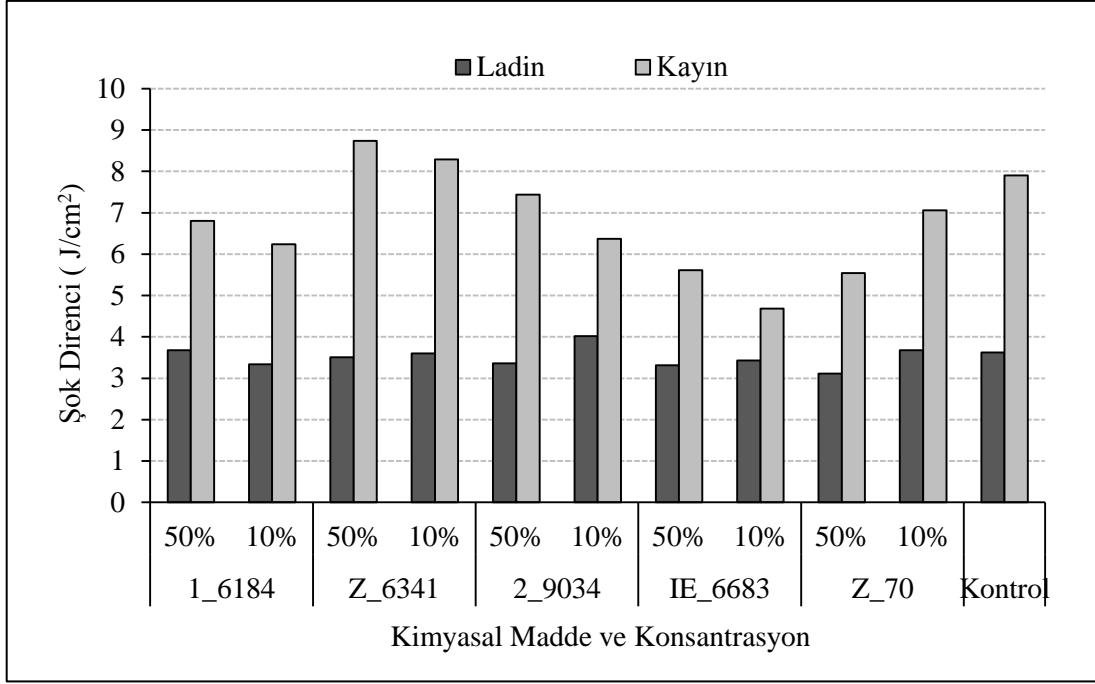
4.2.2. Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Şok Direnci Değerleri Üzerine Etkisi

Şok direncinin değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim Şekil 23'de, şok direnci değerlerindeki (J/cm^2) değişim ise Şekil 24'de gösterilmektedir.



Şekil 23. Şok direnci test örneklerinin ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim

Ladin odununda şok direnci test örneklerinin ağırlık artışı değerleri %6,60 ile %14,96 arasında değişmektedir. En düşük değer Z-6341 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aitken en yüksek değer 1-6184 maddesinin %50' lik konsantrasyonuna aittir. Kayın odununda şok direnci test örneklerinin ağırlık artışı değerleri %2,87 ile %26,69 arasında değişmektedir. En düşük değer 2-9034 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aitken en yüksek değer 1-6184 maddesinin %10' lik konsantrasyonuna aittir.



Şekil 24. Emprenye edilen ladin ve kayın örneklerinin kontrol örneklerine göre şok direnci değerlerindeki (J/cm^2) değişim

Emprenye edilen ladin örneklerinin şok direnci değerleri $3,11 J/cm^2$ ile $4,02 J/cm^2$ arasındadır. En düşük değer Z 70 maddesinin %50' lik konsantrasyonuna aitken en yüksek değer 2-9034 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aittir. Emprenye edilen kayın örneklerinin şok direnci değerleri ise $4,68 J/cm^2$ ile $8,74 J/cm^2$ arasındadır. En düşük değer IE 6683 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aitken en yüksek değer Z-6341 maddesinin %50' lik konsantrasyonuna aittir.

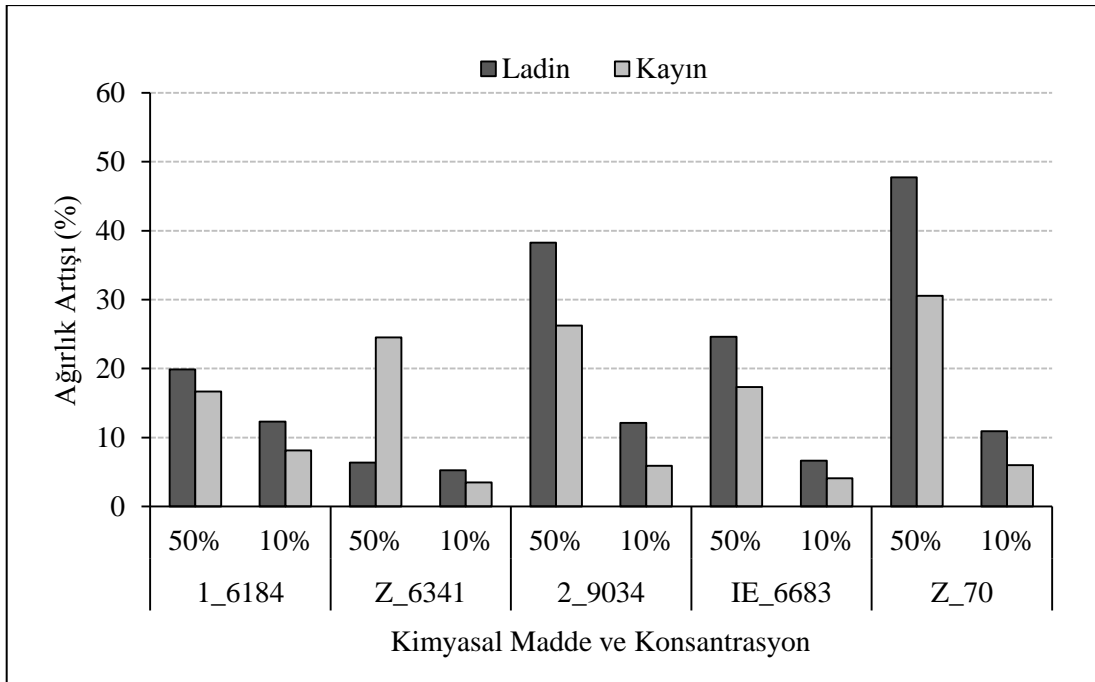
Şok direnci testinin genelinde test örnekleri kontrol örneklerinin altında bir dayanım gösterdiği görülmüştür. Kontrol örneklerine göre kayın test örneklerinde şok direncinde görülen azalmalar ladin test örneklerine göre daha fazla olmuştur. Ladin örnekleri test sonrasında odun örneğinde meydana gelen kırılmalarda tam kopmama durumu gözlenirken kayın odun örneklerinde bu kopmalar çoğunlukla tam kopma şeklinde olmuştur. Buradan, kayın odunun emprenye işlemi sonrasında daha gevrek bir yapıya büründüğü söylenebilir. Emprenye işleminin ardından gerçekleştirilen kurutma aşamasının sonunda kayın test örneklerinde örneğin orijinal görünümünde değişimler meydana gelmiş ve burkulmalar gözlenmiştir. Bu değişimler şok direncindeki azalmanın nedeni olabilir. Bozkurt ve Erđin (1997), şok direncinin yoğunluk, rutubet, sıcaklık, lif yönü ile hücre çeperinin anatomik ve kimyasal yapısıyla ilgisi olduğunu belirtmektedir. Yoğunluk ve yaz odunu katılım payı ile

şok direnci arasında doğrusal bir ilişki olduğu düşünülmekte ve rutubet azaldıkça diğer dirençlerde bir artış meydana gelirken bu durumun şok direncinde görülmeyeceği düşünülmektedir. Bu durumun sebebi olarak kuru malzemenin yaş malzeme kadar esneklik göstermeyeceğini belirtilmiştir.

4.3. Biyolojik Özelliklerin İrdelenmesi

4.3.1. Kimyasal Maddelerin Ladin ve Kayın Odunu Örneklerinin Mantar Çürüklük Dayanımı Üzerine Etkisi

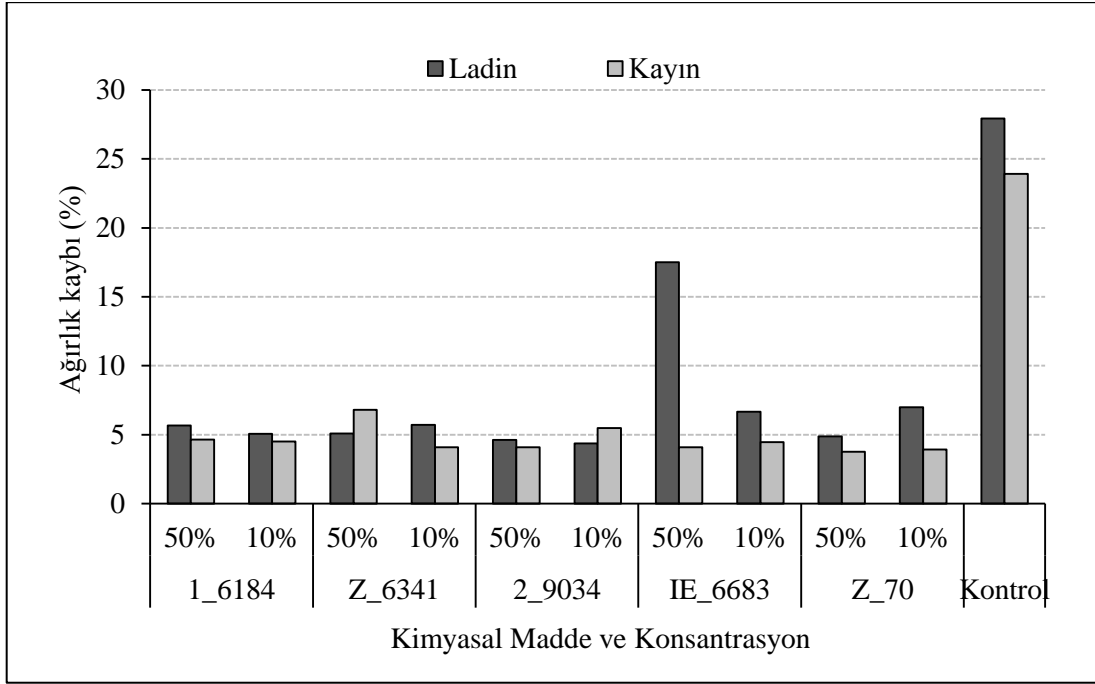
Mantar çürüklük dayanımının değerlendirilmesinde kullanılan örneklerin empenye sonrasındaki yüzde ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim Şekil 25’de, mantar çürüklük testi sonrasındaki *Coniophora puteana* mantarı saldırısı ile oluşan ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim ise Şekil 26’da gösterilmektedir.



Şekil 25. Mantar çürüklük testi örneklerinin ağırlık artışı değerlerindeki (%) değişim

Ladin test örneklerinde mantar çürüklük testi örneklerinin ağırlık artışı değerleri %5,28 ile %47,76 arasındadır. En düşük değer Z-6341 maddesinin %10’ luk konsantrasyonunda, en yüksek değer ise Z 70 maddesinin %50’ lik konsantrasyonuna

aittir. Kayın test örneklerinde mantar çürüklük testi örneklerinin ağırlık artış değerleri %3,48 ile %30,56 arasında değişmektedir. En düşük değer Z-6341 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aitken en yüksek değer Z-70 maddesinin %50' lik konsantrasyonuna aittir.



Şekil 26. Mantar çürüklük testi sonrasında örneklerin ağırlık kaybı değerlerindeki (%) değişim

Mantar çürüklük testi sonrasında örneklerin ağırlık kaybı ladin kontrol örneklerinde %27,92 iken test örneklerinde %4,36 ile %17,50 arasındadır. Bu grupta en düşük değer 2-9034 maddesinin %10' luk konsantrasyonunda, en yüksek değer ise IE 6683 maddesinin %50' lik konsantrasyonunda görülmektedir. Ladin örneklerinde IE 6683 maddesinin tüm konsantrasyonları mantar çürüklük testi açısından uygun değildir. Z 70 maddesinin %50' lik konsantrasyonu bu testte uygun gözükmesine rağmen, 2-9034 maddesinin %10' luk konsantrasyonu tercih edilebilir.

Mantar çürüklük testi sonrasında örneklerin ağırlık kaybı kayın kontrol örneklerinde %23,91 iken test örneklerinde %3,77 ile %6,80 arasındadır. Bu grupta en düşük değer Z 70 maddesinin %50' lik konsantrasyonunda, en yüksek değer ise Z 6341 maddesinin %50' lik konsantrasyonunda görülmektedir.

Yapılan çalışmada *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakılan test örneklerinde, kontrole kıyasla daha az bir ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Bunun nedeni olarak silikon bazlı kimyasal maddelerinin odun bileşenlerinden olan karbonhidratları modifiye ettiği düşünülebilir. Bu modifikasyon sonrası mantarın gelişebilmesi için gerek duyulan besin ortamı kısmen ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bunlara ilaveten kullanılan kimyasal maddeler gerek odun yüzeyinde film olarak gerekse yapısında polimerleşme şeklinde oluşumlar meydana getirdiğinden mantar hüflerinin oduna nüfuzu güçleşmekte ve bunun sonucu olarak test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla daha az ağırlık meydana gelmektedir.

Panov (2009) tarafından yapılan bir çalışmada sarıçam test örnekleri alkoksilan çözeltisi ile emprenyesinde mantar çürüklük testi sonucu olarak odunda %3,5 ile %11,5 arasında bir ağırlık kaybı gözlemlenmiştir. Bu çözeltiliye borik asit ilavesi ile bu oranı %2,3 ile %1,1 değerlerine kadar düşürülmüştür (Panov, 2009).

Hill vd (2004) karaçam test örneklerini vinil trimetoksilan ile emprenye etmiş ve *C. Puteana* çürüklük mantarına karşı olumlu sonuçlar almıştır (Hill vd, 2004). Yine aynı şekilde Donath (2004) kayın odunu test örneklerinin tetraoksilan ile dayanım gösterebileceğini açıklamıştır (Donath 2004). Mai (2005) sarıçam ve kayın test örneklerinin oligomerik silan gruplarıyla iyi bir dayanım gösterdiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, Goethals ve Stevens (1994) sarıçam test örneklerini propiltrimetoksilan ile emprenye etmiş mantar çürüklük bakımından önemli sonuçlar elde edememişlerdir (Goethals and Stevens, 1994).

Stevens (1985) çam ve kayın test örnekleri üzerinde silikon kullanarak gerçekleştirdiği mantar çürüklük testinde, *Postia placenta* mantar türünde kontrol gruplarında ortalama %30' luk bir ağırlık kaybı bulmuşken test örneklerinde %8' lik bir kayıp söz konusu olmuştur ve silikonun alternatif bir koruyucu maddesi olamayacağını açıklamıştır (Stevens, 1985). Terziev (2009) silikon ve bor karışımının mantar çürüklük testinde sarıçam test örneklerindeki ağırlık kaybını %5 ve altı olarak belirtmiştir. Yine aynı maddenin %10' luk konsantrasyonunda ise ev teke böceği (*Hylotrupes bajulus*) larvalarına karşı etkin olduğunu gözlemlemiştir (Terziev, 2009).

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent), Dow Corning (R) Z-6341 Silan, Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon, Dow Corning (R) IE 6683, Dow Corning (R) Z70 Emülsiyon silikon bazlı kimyasal maddeleri ile emprenye edilen ladin ve kayın odun örneklerinde meydana gelen değişiklikler bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik test yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Muamele edilen test örnekleri ile kontrol örnekleri karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

5.1. Fiziksel Özelliklere Ait Sonuçlar

5.1.1. Özgül Ağırlık Değerlerine Ait Sonuçlar

Silikon bazlı kimyasal maddelerle emprenye edilen ladin ve kayın odun örneklerinde kontrol örneklerine göre özgül ağırlık değerlerinde fazla bir değişiklik olmamıştır. Ladin kontrol örneklerinde özgül ağırlık değeri $0,44 \text{ g/cm}^3$ 'dir. En yüksek özgül ağırlık değerini ($0,56 \text{ g/cm}^3$) Dow Corning (R) Z70 kimyasal maddesinin % 50' lik konsantrasyonu ile emprenye edilen örnekler, en düşük özgül ağırlık değerini ise ($0,43 \text{ g/cm}^3$) Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent) ve Dow Corning (R) IE 6683 maddelerinin % 10 luk konsantrasyonları ile Dow Corning (R) Z-6341 Silan maddesinin her iki konsantrasyonu ile emprenye edilen örnekler göstermiştir.

Kayın kontrol örneklerinde özgül ağırlık değeri $0,73 \text{ g/cm}^3$ 'dir. En yüksek özgül ağırlık değerini ($0,87 \text{ g/cm}^3$) Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon ve Dow Corning (R) Z70 maddelerinin % 50' lik konsantrasyonları, en düşük özgül ağırlık değerini ise ($0,72 \text{ g/cm}^3$) Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent) maddesinin % 50' lik konsantrasyonu göstermiştir.

5.1.2. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik Değerlerine Ait Sonuçlar

Silikon bazlı emprenye maddeleri odunun su alma oranı ve su itici etkinlik özellikleri üzerinde genel olarak olumlu bir etki meydana getirememişlerdir. Ladinde en

düşük su alma oranı ve en yüksek su itici etkinlik Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon maddesinin %50' lik konsantrasyonu ile emprenyeli örneklerde, en yüksek su alma oranı ve en düşük su itici etkinlik ise Dow Corning (R) 1-6184 maddesinin %10' luk konsantrasyonu ile emprenyeli örneklerde görülmüştür. Kayında en düşük su alma oranı ve en yüksek su itici etkinlik Dow Corning (R) Z70 kimyasal maddesinin % 50' lik konsantrasyonu ile emprenyeli örneklerde, en yüksek su alma oranı ve en düşük su itici etkinlik ise Dow Corning (R) Z-6341 Silan maddesinin %10' luk konsantrasyonu ile emprenyeli örneklerde görülmüştür.

5.2. Mekanik Özelliklere Ait Sonuçlar

Çalışmada silikon bazlı çevre dostu kimyasal maddelerle liflere paralel basınç direnci ve şok direncindeki değişimler araştırılmıştır.

5.2.1. Liflere Paralel Basınç Direncine Ait Sonuçlar

Ladin odununda en düşük liflere paralel basınç direnci (N/mm^2) değeri 1-6184 maddesinin %50' lik konsantrasyonu ile emprenye edilen örneklerde gözlenirken, en yüksek değer 1-6184 maddesinin %10' luk konsantrasyonu ile emprenye edilen örneklerde gözlenmiştir. Kayın test örneklerinde ise en düşük liflere paralel basınç direnci (N/mm^2) değeri Z-6341 maddesinin %50' lik konsantrasyonu ile emprenye edilen örneklerde bulunmuş olup, en yüksek değer 1-6184 maddesinin %10' luk konsantrasyonu ile emprenye edilen örneklerde bulunmuştur.

5.2.2. Şok Direncine Ait Sonuçlar

Emprenye edilen ladin örneklerinin şok direnci değerleri $3,11 - 4,02 J/cm^2$ arasındadır. En düşük değer Z 70 maddesinin %50' lik konsantrasyonuna aitken en yüksek değer 2-9034 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aittir. Emprenye edilen kayın örneklerinin şok direnci değerleri ise $4,68 - 8,74 J/cm^2$ arasındadır. En düşük değer IE 6683 maddesinin %10' luk konsantrasyonuna aitken en yüksek değer Z-6341 maddesinin %50' lik konsantrasyonuna aittir.

5.3. Biyolojik Özelliklere Ait Sonuçlar

5.3.1. Mantar Çürüklük Dayanımına Ait Sonuçlar

Silikon bazlı kimyasal maddelerle emprenye sonrası ladin ve kayın odun örneklerinde kontrol örneklerine nazaran önemli ölçüde dayanım elde edilmiştir. Bu dayanım kayın odun örneklerinde ladin odun örneklerine kıyasla daha yüksektir.

Ladin odunu kontrol örneklerinde ağırlık kaybı % 27,92 iken en düşük ağırlık kaybı Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon maddesinin % 10' luk konsantrasyonu ile emprenye edilen örneklerde % 4,36 olarak görülmektedir. En fazla ağırlık kaybı ise % 17,50 ile Dow Corning (R) IE 6683 kimyasal maddesi ile emprenye edilen örneklerde bulunmuştur. Kayın odunu kontrol örneklerinde ağırlık kaybı % 23,91 iken en düşük ağırlık kaybı Dow Corning (R) Z70 kimyasal maddesinin % 50' lik konsantrasyonu ile emprenye edilen örneklerde % 3,77 olarak görülmektedir. En fazla ağırlık kaybı ise % 6,80 ile Dow Corning (R) Z-6341 Silan kimyasal maddesi ile emprenye edilen örneklerde bulunmuştur.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’de özellikle de Doğu Karadeniz Bölgesinde doğal olarak yetişen ve orman ürünleri endüstrisinde yoğun olarak kullanılan doğu ladini ve doğu kayını odunu örnekleri Dow Corning (R) 1-6184 Su İtici (Water Repellent), Dow Corning (R) Z-6341 Silan, Dow Corning (R) 2-9034 EU Emülsiyon, Dow Corning (R) IE 6683 ve Dow Corning (R) Z70 Emülsiyon silikon bazlı kimyasal maddeleri ile emprenye edilmiş ve emprenye sonrasında odun özelliklerinde meydana gelen değişiklikler bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik test yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece bu ağaç türü odunlarının silikon bazlı emprenye maddeleri ile emprenyesi sonuçlarına ilişkin bir veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir. Bu veri tabanında yer alan bilgilerin, orman ürünleri sanayisinde değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Uzun yıllardır arsenik-krom içerikli emprenye maddeleri odunu dış koşullara karşı korumada yaygın olarak kullanılmış, ancak çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle bu maddelerin kullanımı yasaklanmıştır. Gerek ülkemizdeki milli orman varlığımız gerekse de tüm insanlığın ortak yaşam alanı olan dünyamızda, mevcut olan ormanların en verimli şekilde kullanılması odunun nihai kullanım yerine göre emprenyesi ile mümkündür.

Bu tezden elde edilen bulgulara göre; silikon emprenyesi odun yoğunluğunu çok fazla arttırmamaktadır. Ancak söz konusu maddelerle odunda gerekli ağırlık artışı sağlanabilir ve özgül ağırlığı artırılabilir.

Yapılan çalışmada ladin ve kayın örneklerinin silikonla emprenyesi sonucunda liflere paralel basınç direnç değerlerinde bir miktar artış görölmektedir. Her ne kadar silikon bazlı emprenye maddeleriyle yapılan emprenye işleminde amaç su itici etkinliğin araştırılması olsa da çalışmada liflere paralel yöndeki direnç de araştırılmış ve bir miktar iyileşmeden bahsedilmiştir. Emprenyeli malzeme liflere paralel basınç direncinin arandığı kullanım alanlarında vazife görebilir. Bir diğer mekanik direnç olan şok direncinde elde edilen değerlerdeki düşüş, bu maddelerle emprenye edilmiş malzemelerin ani bir kuvvetin uygulanacağı yerlerde değerlendirilmemesi gerektiğini gösterebilir.

Su alma ve su itici etkinlik deneylerinde ilk 8 saat baz alındığında belirli oranda başarı elde edilirken gerekli yıkanmayı önleyici ek kimyasallar kullanılmadığından kalan saatlerde silikon odundan yıkanarak uzaklaşmış, dolayısıyla beklenen başarı elde edilememiştir. Ancak kullanılan silikonlar yıkanmayı önleyici maddelerle belirli oranda

karıştırıp kullanıldığında veya yıkanmayı önleyici maddeler ile son bir yüzey işlemi uygulandığında istenilen su itici etkinlik sağlanabilir.

Kullanılan silikon maddeleriyle kontrole oranla önemli ölçüde mantar çürüklük dayanımı sağlanmıştır. Ancak bir maddenin alternatif odun koruma maddesi olması için ağırlık kaybının %3' ün altında olması gerekmektedir. Çalışmada her iki odunda %3' e yakın değerler bulunması ve kullanılan silikonların tamamıyla çevre ve insan dostu olması bir miktar başarı sağlandığını gösterebilir, endüstriyel kullanımda yer alabilir.

Emprenye edilmiş ahşap malzemeler, plastikler, metaller ve beton gibi doğal döngüye karışmaları güç olan materyallerin kullanımını azaltmak için zehirsiz maddelerle emprenye edilmiş sürdürülebilir materyallerin kullanımı teşvik edilmelidir. Bunun için yeni yasalar hazırlanmalı ve tüketici baskısı arttırılmalıdır. Bunun yanında doğal dayanıklılığı düşük ağaçların emprenyeli kullanım süreleri arttırılabilir. Silikon gibi çevreye zararı olmayan ya da bu zararın şu anda yasaklanan CCA ve türevlerinden çok daha düşük belirli bir eşik sınır değeri altında olan kimyasallar ile emprenyesi hem orman varlığının ekonomik kullanılması hem çevresel zararı önleme hem de ticari değeri düşük odun türlerine yeni kullanım alanları kazandırabilir.

7. KAYNAKLAR

- Adams, A.J., Jermannaud A. ve Sermet M.M., 1995. Silafluofen: Novel chemistry and versatility for termite control. Paper prepared for IRG, the 26th annual meeting Helsingor, Denmark.
- Anonim, 1989. Doğu Ladini, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi: 5, Muhtelif Yayınlar Serisi: 58, Ankara.
- Anşın, R., 1988. Tohumlu Bitkiler, Gymnospermae (Açık Tohumlular), Cilt I, K.T.Ü. Orman Fakóltesi, Yayın No: 112/15, Trabzon.
- Anşın, R. ve Özkan Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler, Odunsu Taksonlar, K.T.Ü. Orman Fakóltesi, Yayın No: 167/19, Trabzon.
- Anşın, R. ve Terzioğlu, S., 1994. Ülkemizin En Boylu Ağacı ve Tek Ladin Türü: Doğu Ladini, Ahşap Araştırma, Teknoloji, Tasarım ve Dekorasyon Dergisi,5, 62-63.
- Archer, K. ve Cui F., 1997. Evaluating the Performance of Preservative/Water Repellent Emulsion Systems. 28. IRG Annual Meeting, Canada, IRG-WP 97-20127
- Arganaskvili, L.N., 1988. Rational Utilization of Resonance Wood, Lesnoe – Khozyaistvo, 10 54-55.
- Atalay, İ., 1992. Kayın Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Transferi Yönünden Bölgelere Ayrılması, Orman Bakanlığı - Orman Ağaçları ve Tohum Islah Araştırma Müdürlüğü, Yayın No: 5, Ankara.
- Bailey, P.J., 1964. The Permeability of Softwoods, Journal Inst. of Wood Science, 12, 44-45.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Cilt I, İ.Ü. Orman Fakóltesi, Yayın No: 1448/147, İstanbul.
- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Cilt II, Sermet Matbaası, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., 1986. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3403, O.F. Yayın No: 380, Taş Matbaası, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker Y., 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü Orman Fakóltesi Yayını, No: 3445/388, İstanbul
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3779, Fakólte Yayın No: 425 İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3944, Fakólte Yayın No: 436 İstanbul.

- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayını, No: 3998 İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., 2000. Odun Anatomisi, Dilek Matbaası, İ.Ü Orman Fakültesi Yayını, No : 466 İstanbul, 30, 89 S.
- Core, H.A., Cote, W.A.J. ve Day, A.C., 1979. Wood Structure and Identification, Second Edition, Syracuse University Pres, USA.
- De Vetter, L., Stevens, M. ve Van Acker, J., 2009b. Fungal decay resistance and natural durability of organosilicon treated wood. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 63:130–134.
- De Vetter, L., Bulcke J.V.D. ve Acker J.V., 2010. Impact of organosilicon treatments on the wood-water relationship of solid wood *Holzforschung*, Vol. 64, pp 122-127.
- Dizman, E., 2005. Kimyasal Modifikasyonun Kızılağaç ve Ladin Yongalevhalarında Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özelliklere Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Donath, S., Militz, H. ve Mai, C., 2004. Wood modification with alkoxy silanes. *Wood Sci. Technology*. 38, 555–566.
- Donath, S., Militz, H. ve Mai, C., 2006a. Creating water-repellent effects on wood by treatment with silanes. *Holzforschung* 60:40–46.
- Donath, S., Militz, H. ve Mai, C., 2006b. Treatment of Wood with Aminofunctional Silanes for Protection Against Wood Destroying Fungi, *Holzforschung*, Vol. 60, pp. 210–216.
- EN 113, 1980. Wood Preservatives-Test Method for Determining the Protective Effectiveness Against Wood Destroying Basidiomycetes - Determination of the Toxic Values, Brusells, Belgium.
- Eraslan, İ., 1947. Doğu Ladininin Teknik Vasıfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar, Çankaya Yayınevi, Ankara.
- Eyüboğlu, K., Küçük, M. ve Atasoy, H., 1995. Saf Doğu Ladini Meşcerelerinin Doğal Yolla Gençleştirilmesi Üzerine Çalışmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No:248, Ankara.
- Goethals, P. ve Stevens, M., 1994. Dimensional stability and decay resistance of wood upon modification with some new type chemical reactants. IRG/WP/94–40028. The International Research Group on Wood Preservation, Stockholm.
- Hafizoğlu, H., 1995. Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Hafizoğlu, H. ve Yıldız, Ü.C., 1990. Acetylation Plus Water-Repellent Treatment of Wood in Slate Thickness, *Holzforschung*, 44, 4, 245-248.

- Hill, C.A.S., Farahani, M.R.M. ve Hale, M.D.C., 2004. The use of organo alkoxy silane coupling agents for wood preservation. Holzforschung 58, 316–325.
- Kartal S.N., Hwang, W.J., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2004. Decay and termite resistance of wood treated with boron-containing quaternary ammonia compound, didecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DBF) incorporated with acryl-silicon type resin. Paper prepared for the 35st Annual Meeting Ljubljana, Slovenia.
- Kartal, S.N., Hwang, W.J., Yamamoto, A., Tanaka, M., Matsumura, K. ve Imamura, Y., 2007. Modification of Wood With A Commercial Silicon Emulsion Effects On Boron Release And Decay And Termite Resistance. International Biodeterioration & Biodegradation, 60, 189-196.
- Kartal, S.N., Yoshimura, T. ve Imamura, Y., 2009. Modification of wood with Si compounds to limit boron leaching from treated wood and to increase termite and decay resistance International Biodeterioration and Biodegradation, 63, 187-190.
- Kayacık, H., 1981. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, Cilt 2, Angiospermae, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 287, İstanbul.
- Koski, A., 2008. Applicability of Crude Tall Oil for Wood Protection. PhD Thesis, University of Oulu.
- Lukowsky, D., Peek, R.D. ve Rapp, A.O., 1997. Water-based Silicones on Wood. Paper prepared for IRG the 28th Annual Meeting in Whistler, Canada.
- Mai, C. ve Militz, H., 2004a. Modification of wood with silicon compounds inorganic silicon compounds and sol-gel systems. Wood science technology 37, 339-348.
- Mai, C. ve Militz, H., 2004b. Modification of wood with silicon compounds. Treatment systems based on organic silicon compounds — a review Wood Science Technology 37, 453–461.
- Mai, C., Donath, S., Weigenand, O. ve Militz, H., 2005a. Aspects of wood modification with silicon compounds: material properties and process development. In: Militz, H., Hill, C. (Eds.), Proceedings of the Second European Conference on Wood Modification, Gottingen, pp. 222–231.
- Mai, C., Donath, S., Weigenand, O. ve Militz, H., 2005b. New Protection Systems With Silicones and Silanes 48th Annual Convention Society of Wood Science and Technology.
- Mazela, B., Ratajczak, I., Wichłacz-Szentner, K. ve Hochmańska, P., 2010. Silicon compounds as additives improving alkyd-based wood coatings performance Paper prepared for IRG the 41st Annual Meeting Biarritz, France.
- Mohammed-Ziegler, I., Tanczos, I., Horvölgyi, Z. ve Agoston, B., 2008. Water-repellent acylated and silylated wood samples and their surface analytical characterization. Colloids and Surfaces 319, 204–212.

- Nakayama, K., Minamite, Y., Koike, S. ve Katsuda, Y., 2001. New Applications of silafluofen to termite control. Paper prepared for IRG, the 32 Annual Meeting Nara, Japan.
- Nurmi, A., 2011. Tall Oil Resins in Wood Treatment. <http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/3resins.pdf> 13.07.
- Owens, C.W., Shortle, W.T. ve Shigo, A.L., 1980. Silicon tetrachloride: a potential wood preservative International Research Group on Wood Preservation (IRG/WP 3133) Stockholm.
- Örs, Y., 1986. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, I. Odunun Fiziksel Özellikleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Teksiri Serisi, No: 15, Trabzon.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayınevi, No : 2 İstanbul, S. 141.
- Panov, D. ve Terziev, N., 2009. Study on some alkoxy silanes used for hydrophobation and protection of wood against decay. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 63:456–461.
- Rosenthal, M. ve Bues, C.T., 2010. Longitudinal penetration of silicon dioxide nanosols in wood of *Pinus sylvestris* European Journal of Wood and Wood Products. 68: 363–366.
- Rowell, R.M. ve Youngs, R.L., 1981. Dimensional stabilization of wood in use. U. S. For. Serv., For. Prod. Res. Note FPL -0243. Forest Product Laboratory, Wisconsin.
- Rowell, R.M. ve Banks, W.B., 1985. Water Repellency and Dimensional Stability of Wood, Gen. Tech. Rep., FLP-50, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, WI, U.S.
- Rowell, R.M., 1988a. Chemical Modification of Wood; Its Application to Composite Wood Products, Proceedings of the Composite Wood Products Symposium, New Zealand, 56,57.
- Rowell, R.M. ve Rowell, J.S., 1988b. Moisture Sorption Properties of Acetylated Lignocellulosic Fibers, Proceedings of the 10th Cellulose Conference, Syracuse, New York, 343-355.
- Rowell, R.M., Youngquist, J.A. ve Montrey, H.M., 1988c. Chemical Modification Adding Value Through New FPL Composite Processing Technology, Forest Products Journal, 38 7/8 67-70.
- Rowell, R.M., 1990. Materials Science of Lignocellulosic, Proceedings of the Materials Research Society Symposium, San Francisco, Vol.197, 3-9.
- Rustenbug, G.B. ve Klaver, C.J., 1991. Silafluofen, a new insecticide against wood-boring insects and termites. International Research Group on Wood Preservation, Doc. No: IRG/WP/3666.

- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 22, İstanbul.
- Scown, D.K., Cookson, L.J. ve McCarthy, K., 2001. Silica Treatments to Protect Timber from Marine Borers Paper prepared for IRG the 32nd Annual Meeting Nara, Japan.
- Schulte, Y., Donath, S., Krause, A. ve Militz, H., 2004. Evaluation of outdoor weathering performance of modified wood. International Research Group on Wood Preservation Annual Meeting (IRG/WP 04-20296).
- Sebe, G. ve Brook, M.A., 2001. Hydrophobization of Wood Surfaces: Covalent Grafting of Silicone Polymers, Wood Science and Technology, 35, 269-282.
- Serpa, F.G., 1980. Laboratory tests of wood impregnated with sodium silicate against the attack of "Limnoria tripunctata" Menzies. Revista Floresta 11 (2): 42-44.
- Stamm, A.J., 1964. Wood and Cellulose Science, Ronald Pres Company, New York.
- Stevens, M., 1981. Preliminary results of the treatment of wood with chlorosilanes. International Research Group on Wood Preservation (IRG/WP 3172) Stockholm.
- Stevens, M., 1985. Restriction on the use of chlorosilanes as potential wood preservatives International Research Group on Wood Preservation (IRG/WP 3345) Stockholm.
- Sumi, Y., Yale, R.D., Meyer, J.A., Leopold, B. ve Ranby, B.G., 1964. Accessibility of Wood and Wood Carbonhydrates Measured With Tritiated Water. Tappi 47 (10): 621-624.
- Suttie, E. ve Thompson, J.H.R., 2001. Opportunitites for UK grown timber: Wood Modification State of The Art Review, DTI Contruction Industry Directorate and Forestry Commission, Project Report Number 203-343.
- Şanlı, İ., 1978. Doğu Kayınının Türkiye'de Çeşitli Yörelerde Oluşan Odunları Üzerinde Anatomik Araştırmalar, Doktora Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- Terziev, N., Panov, D., Temiz, A., Palanti, S., Feci, E. ve Daniel, G., 2009. Laboratory and above ground exposure efficacy of silicon-boron treatments Paper prepared for IRG the 40th Annual Meeting Beijing, China.
- Tomak, E., 2011. Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri İle Emprenye İşleminin Etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- T.S.E., 1976. Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyleer için Numune Alma Metotları ve Genel Özellikleri, TS-2470, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 1976. Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyleer için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TS-2472, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- T.S.E., 1976. Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, TS-2477, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 1997. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, TS-2595, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tshabalala, M.A., Kingshott, P., VanLandingham, M.R. ve Plackett, D., 2002. Surface Chemistry and Moisture Sorption Properties of Wood Coated with Multifunctional Alkoxysilanes by Sol-Gel Process.
- Tshabalala, M.A. and John, E., 2003. Accelerated Weathering of Wood Surfaces Coated With Multifunctional Alkoxysilanes By Sol-Gel Deposition Gangstad-Forest Products Laboratory.
- URL-1, 2012. www.sen-er.com
- URL-2, 2011. www.aldaindustrialpolymers.com.tr “alda industrial polymers”
- URL 3, 2010. <http://www.dowcorning.com>
- Weigenand, O., Militz, H., Tingaut, P., Sebe, G., De Jeso, B. ve Mai, C., 2007. Penetration of amino-silicone micro- and macro-emulsions into Scots pine sapwood and the effect on water-related properties. *Holzforschung* 61:51–59.
- Williams, R.S. ve Feist, W.C., 1999. Water Repellents and Water Repellent Preservatives for Wood. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–109. Madison, WI, U.S.
- Winandy, J.E. ve Rowell, R.M., 1984. The Chemistry of Wood Strength, The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series, American Chemical Society, Washington.
- Yaltırık, F., 1988. Dendroloji Ders Kitabı II, Angiospermae (Kapalı Tohumlar), İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 390, İstanbul.
- Yaltırık, F. ve Efe A., 1994. Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae – Angiospermae, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:3836/431, İstanbul.
- Yamaguchi, H., 2002. Low molecular weight silicic acid – inorganic compound complex as wood preservative *Wood Science and Technology* 36, 399–417.
- Yıldız, Ü.C., 1988. Çeşitli Ağaç Türlerinde Su Alımının ve Çalışmanın Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, Ü.C., 1994. Bazı Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Yıldız, S., 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel Mekanik Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, Ü.C., 2005. Odun Modifikasyonu Yöntemleri (Basılmamış Ders Notları), K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Yıldız, Ü.C., Yıldız, S. ve Gezer, E.D., 2005. Mechanical Properties and Decay Resistance of Wood-Polymer Composites Prepared From Fast Growing Species in Turkey. Bioresource Technology, 96, 9, 1003-1011.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Kocaeli/İzmit' te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmit' te tamamladı. 2003 yılında KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2008 yılında mezun oldu. Aynı yıl KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına bağlı Trabzon Ziraat Karantina Müdürlüğüne Orman Endüstri Mühendisi olarak atandı. Bekar olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.