

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇEŞİTLİ EMPRENYE MADDELERİNİN KIZILAĞAÇ ODUNUNUN
(*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt.)
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ

Orm. End. Müh. Ali TEMİZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"Orman Endüstri Yüksek Mühendisi"

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.01.2000

Tezin Savunma Tarihi : 28.01.2000

96730

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hüseyin KIRCI

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Rahim ANŞIN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Trabzon 2000

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, Kızılağaç odununun (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt.) çeşitli emprenye maddeleri vakum yoluyla emprenye edilerek yanma direncinin artırılması, ağaç malzemedeki su alımının ve çalışmasının azaltılması ile ilgili temel prensipler, genel çözüm yolları ve yeni bir yaklaşım olan odun-polimer kompozitlerinin fiziksel ve mekaniksel özellikleri ele alınmıştır. Çalışmalar K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çalışmanın yönetilmesinde değerli bilgi ve yardımlarıyla büyük ölçüde katkı sağlayan sayın hocam Doç. Dr. Ümit Cafer YILDIZ'a, değerli fikirlerinden her zaman istifade ettiğim sayın hocalarım Prof. Dr. Rahim ANŞİN'e, Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU'na, Doç. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU'na, laboratuvar çalışmaları sırasında destek olan Yrd. Doç. Dr. Ergün BAYSAL'a ve sürekli bilgi alışverişinde bulunduğum değerli mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir görev bilirim.

Ayrıca tez danışmanlığını üstlenerek çalışmamaya yön veren, bilgi, görüş ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Hüseyin KIRCI'ya da ayrıca teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bu araştırma, bor kaynakları bakımından oldukça zengin olan ülkemizde emprenye endüstrisinde yeni uygulama alanları açacağına ve odun-polimer kompozitleri konusunda yapılacak çalışmalara faydalı olduğu ölçüde amacına hizmet etmiş olacaktır.

Trabzon, 2000

Ali TEMİZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa no</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Odun - Su İlişkileri ve Odunun Çalışması	2
1.2.1. Odunun Genişleme ve Daralması	3
1.2.2. Mikrofibriller, Fibriller ve Miseller	4
1.3. Odun - Su İlişkilerini ve Çalışmayı Azaltıcı Yöntemler	6
1.3.1. Su İtici Yöntemler	8
1.3.2. Boyutsal Kararlılığı Sağlayan Yöntemler	8
1.3.3. Odunda Boyutsal Kararlılığı Arttıran Yöntemler	10
1.3.3.1. Odunun Higroskopisitesinin Azaltılması	10
1.3.3.2. Fiziksel İşlemler	10
1.3.3.3. Kimyasal İşlemler	10
1.3.3.3.1. Odunsu Hücre Çeperinin Genişletilmesi (Bulking)	11
1.3.3.3.1.1. Kimyasal Bağ Oluşturmayan, Yıkanabilir Nitelikli Maddelerle Muamele Yöntemleri	11
1.3.3.3.1.1.1. Polietilen Glikol İle Muamele	12
1.3.3.3.1.2. Kimyasal Bağ Oluşturmayan, Yıkanmayan Nitelikli Maddelerle Muamele Yöntemleri	12
1.3.3.3.1.3. Kimyasal Bağ Oluşturan, Yıkanmaz Nitelikli Maddelerle Muamele Yöntemleri	14
1.3.3.3.1.3.1. Tek Taraflı Katılma Sağlayan Maddelerle Muamele Yöntemleri	15

1.3.3.3.1.3.2. Polimerizasyon Katılması Sağlayan Maddelerle Muamele Yöntemleri	17
1.3.3.2. Kimyasal Çapraz Bağlanma (Cross Linking) Sağlayan Yöntemler	19
1.4. Odun Polimer Kompozitleri	19
1.4.1. Vinil Monomerlerin Polimerizasyon Mekanizması	21
1.4.1.1. Vinil Yapısı	21
1.4.1.2. Vinil Polimerizasyonunun Karakteristik Özellikleri	22
1.4.2. Ağaç Malzemenin Vinil Monomerlerle Emprenye Edilmesi	22
1.4.3. Monomerin Odun Bünyesine Yerleşmesi ve Ağaç Türünün Etkisi	23
1.4.4. Katalizör Isı Tekniği İle Polimerleştirme	25
1.4.5. Radyasyon Tekniği İle Polimerleştirme	26
1.4.6. Çapraz Bağlayıcı (Cross Linker) Kimyasal Maddeler	27
1.4.7. Polimer Reaksiyonun Genel Karakteristikleri	28
1.4.8. Odun-Polimer Kompozitlerinin Teknolojik Özellikleri	29
1.4.8.1. Fiziksel Özellikler	29
1.4.8.2. Mekanik Direnç Özellikleri	30
1.4.8.2.1. Statik Eğilme Direnci	30
1.4.8.2.2. Liflere Paralel Basınç Direnci	31
1.4.8.2.3. Çekme Direnci	32
1.4.8.2.4. Makaslama Direnci	32
1.4.8.2.5. Elastik Özellikler	33
1.4.8.2.6. Dinamik Direnç Özellikleri	33
1.4.8.3. Sertlik ve Aşınma Direnci	34
1.4.8.3.1. Sertlik	34
1.4.8.3.2. Aşınma Direnci	34
1.5. Ağaç Malzemenin Yanma Özelliği	34
1.5.1. Yangın Esnasında Ağaç Malzeme ve diğer Yapısal Elemanlarda Meydana Gelen Değişimlerin Karşılaştırılması	38
1.5.2. Tutuşma, Alevlenme ve Yanmaya Karşı Kullanılan Emprenye Maddeleri (FR) (Fire Retardants)	38
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	40
2.1. Materyal	40

2.1.1. Kızılağacın Dünyada ve Türkiye’de Yayılışı	40
2.1.1.1. Kızılağaç’ın Botanik Özellikleri	42
2.1.1.2. Kızılağaç Odunun Anatomik Özellikleri	43
2.1.1.2.1. Makroskopik Özellikleri	43
2.1.1.2.2. Mikroskopik Özellikler	43
2.1.2. Kimyasal Maddeler	44
2.1.2.1. Borlu Bileşikler	44
2.1.2.2. Fosforik Asit	45
2.1.2.3. Vinil Monomerler ve Polimerizasyon Katalizörleri	45
2.1.2.3.1. Stiren	46
2.1.2.3.2. Metil Metakrilat	46
2.1.2.3.3. Benzol Peroksit	47
2.1.2.3.4. Divinil Benzen	47
2.1.2.4. Odunda Hücre Çeper Boşluklarını Doldurarak Boyutsal Kararlılığı Arttıran Maddeler	47
2.1.2.4.1. Polietilen Glikol (PEG-400)	47
2.1.2.5. Ticari Emprenye Maddeleri	48
2.1.2.5.1. Tanalith-CBC	48
2.1.2.5.2. Immersol-WR	49
2.1.2.5.3. Vacsol-WR	49
2.1.2.6. Doğal Sepi Maddeleri	49
2.1.2.6.1. Kızılçam Kabuğu	49
2.1.2.6.2. Palamut (Valeks)	50
2.1.2.6.3. Sumak Yaprağı	51
2.1.2.6.4. Mazılar	51
2.2. Deney ve Kontrol Örneklerinin Hazırlanması	52
2.3. Test Örneklerinin Emprenyesinde Kullanılan Çözeltiler	53
2.4. Emprenye Yöntemi	56
2.4.1. Polimerleştirme Yöntemi	59
2.5. Yanma Deneyi	60
2.6. Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	61
2.6.1. Fiziksel Özellikler	61

2.6.1.1. Özgül Ağırlık	61
2.6.1.2. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik	62
2.6.2. Mekanik Özellikler	63
2.6.2.1. Liflere Paralel Basınç Direnci	63
3. BULGULAR ve İRDELEME	66
3.1. Emprenye Çözeltilerinin Özellikleri	66
3.2. Emprenye Sonrası Örneklerin Absorpladığı Emprenye Maddesi Miktarları (Retensiyon)	67
3.2.1. Kg/m ³ Retensiyon Oranları	67
3.2.2. % Retensiyon Miktarları	69
3.3. Polimerleşme Karakteristikleriyle İlgili Bulgular	71
3.4. Fiziksel Özellikler	77
3.4.1. Yanma Özellikleri	77
3.4.1.1. Yanma Kayıpları (Ağırlık kaybı)	77
3.4.1.2. Alev kaynaklı Yanma Sıcaklığı, Alev kaynaksız Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı ve Kor Halinde Yanma Sıcaklığı Değerleri	80
3.4.1.3. Kendi Kendine Yanma Süresi, Kor Hali Süresi ve Yıkılma Anına Kadar Geçen Süre (YIKs)'ye İlişkin Bulgular	83
3.4.1.4. Işık Yoğunlukları	85
3.4.2. Özgül Ağırlık	88
3.4.3. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik	93
3.4.3.1. Su Alma Oranı	90
3.4.3.2. Su İtici Etkinlik	98
3.5. Mekanik Özellikler	106
3.5.1. Liflere Paralel Basınç Direnci	106
4. SONUÇLAR	109
5. ÖNERİLER	114
6. KAYNAKLAR	117
7. ÖZGEÇMİŞ	124

ÖZET

Bu çalışmada; Çeşitli emprenye maddelerinin kızılâğaç odununun (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt) fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında; öncelikle Kızılâğaç odunundan hazırlanan odun-polimer kompozitlerinin bazı teknolojik özellikleri araştırılmıştır. Odun-polimer kompozitlerinin hazırlanmasında Stiren, Metil metakrilat ve Stiren+Metil metakrilat (70/30) karışımı olmak üzere üç farklı monomer ve tam ve yarım yükleme olarak iki farklı polimer miktarı kullanılmış olup fiziksel özelliklerden tam kuru özgül ağırlık, su alma oranı, su itici etkinlik, mekanik özelliklerden ise liflere paralel basınç direnci değerleri belirlenmiştir. Tüm monomerlerde tam yükleme düzeyi en yüksek sonuçları vermiştir. Özgül ağırlık 0.710-0.950 gr/cm³, su itici etkinlik %39.45-85.78, liflere paralel basınç direnci ise 338.78-645.13 kp/cm² olarak belirlenmiştir.

İkinci olarak kızılâğaç odununun borlu bileşikler, su alımını azaltıcı ve boyutsal kararlılık sağlayıcı maddeler ve doğal sepi maddeleri ile bunların farklı kombinasyonlarıyla emprenye edilmesi suretiyle yanmaya karşı gösterdikleri etkinlikler belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçları, kızılâğaç odununda uygulanan borlu tuzlar ve su itici maddeler ile ardışık emprenye işlemlerinde; borlu bileşiklerin su itici maddelerin yanmayı arttırıcı etkisini engelledikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca borlu tuzlar ve doğal sepi maddeleriyle ikili emprenyesinde ise; borlu bileşikler doğal sepi maddelerinin yanmayı arttırıcı özelliklerini azaltabilmişlerdir. Çalışmada yanmaya karşı gösterdikleri etkinlik bakımından en uygun kimyasal madde yanmayı önleyici etkisi ile bilinen Fosforik asit göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Kızılâğaç, Emprenye, Bor, Yangın Önleyiciler, Su İtici Maddeler, Odun-Polimer Kompozitleri, Fiziksel ve Mekanik Özellikler,

SUMMARY

Physical And Mechanical Properties Of Impregnated Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt) Wood

In this study, Physical and mechanical properties of impregnated black or common alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt) wood were investigated.

First of all, some technological properties of wood-polymer composites made from alder wood were investigated. Three different monomers styrene, methyl methacrylate and styrene/methyl methacrylate (70/30) mixture and two loading levels were used in preparation of wood-polymer composites. Of physical properties; oven-dried specific gravity, ratio of water uptake, water repellent effectiveness and from mechanical properties; compression strength parallel to the grain were determined. Full loading applications has given the best results in all monomer. Oven dried specific gravity, water repellent effectiveness and, compression strength parallel to the grain were found between 0.710-0.950 gr/cm³, 39.45-85.78 % and 338.78-645.13 kp/cm² respectively.

In addition, alder wood was impregnated with some boron compounds, water repellents, natural tannins and their combinations. Results indicated that application of double impregnation process with boron compounds decreased the negative effects of water repellents on wood flammability. On the other hand, combining of natural tannins and boron compounds restricted the detrimental effects of natural tannins on combustion of wood. Phosphoric acid gave the best fire reterdancy results.

Key words: Alder wood, Impregnation, Boron Compounds, Fire Reterdant, Water Repellents, Wood-Polymer Composites, Physical and Mechanical Properties,

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Odun hücre çeperindeki mikrofibriller yapının şematize gösterimi	3
Şekil 2. Selüloz molekülü	4
Şekil 3. Odundaki selüloza suyun bağlanması	5
Şekil 4. Su itici ve boyut değişmezliği sağlayan yöntemlerin genişleme/zaman eğrisi	7
Şekil 5. Su itici işlemlerin genişleme/zaman eğrisi	8
Şekil 6. Boyutsal kararlılığı sağlayan yöntemlere ilişkin genişleme/zaman eğrisi	9
Şekil 7. Fenol formaldehitin açık ve kapalı formülü	13
Şekil 8. Asetillendirme işlemindeki kimyasal reaksiyon sırası	15
Şekil 9. Odunun OH ⁻ gruplarının tek taraflı katılma sağlayan kimyasal maddelerle reaksiyonu	16
Şekil 10. Odunun OH ⁻ gruplarının metil iyodid ile bloklanması	16
Şekil 11. Odunun hidroksil gruplarının alkil kloritle bloklanması	17
Şekil 12. Epoksitlerin odunda reaksiyonu	17
Şekil 13. İzosiyanatların oduna bağlanma reaksiyonu	18
Şekil 14. Akrilonitrilin odunun OH ⁻ gruplarıyla reaksiyona girmesi	18
Şekil 15. β-Propilakton'un odun hücre çeperi bileşenleri ile asidik ve alkalin koşullarda oluşturduğu bağlanmalar	18
Şekil 16. Odunun hidroksil gruplarının çapraz bağlarla bloklanması	19
Şekil 17. Bazı vinil monomer örnekleri	21
Şekil 18. 2, 2'-azobisisobütironitril bileşiği ve ısı etkisiyle serbest radikal oluşturması	25
Şekil 19. Benzol peroksit bileşiği ve ısı etkisiyle serbest radikal oluşturması	26
Şekil 20. Ekzotermik reaksiyonun ideal zaman-sıcaklık eğrisi	28
Şekil 21. Odun-polimer kompozitlerinin statik eğilme deneyindeki tipik yük-eğilme eğrisi	31

Şekil 22. Odun-polimer kompozitlerinin liflere paralel basınç direncindeki tipik yük-eğilme eğrisi	32
Şekil 23. Ağaç malzemede yanmayla meydana gelen kömürleşme	36
Şekil 24. Kızılağaç türlerinin dünyadaki yayılışı	40
Şekil 25. Türkiye'deki kıızılağaç türlerinin yayılışı	42
Şekil 26. Emprenye deneyi düzeneği	57
Şekil 27. Yanma deney düzeneği	60
Şekil 28. Su alma ve Su itici etkinlik deneyi örneklerinin boyut ve şekli	62
Şekil 29. Liflere paralel direnci örneklerinin şekli, boyutları ve yükün Uygulanması	64
Şekil 30. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin monomer absorpsiyonları	73
Şekil 31. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin absorpladıkları monomer miktarı	73
Şekil 32. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin net polimer miktarı	74
Şekil 33. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinde monomerin polimere dönüşme oranı	74
Şekil 34. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin polimer yükü	74
Şekil 35. Yanma sonrası örneklerin ağırlık kaybı oranları	78
Şekil 36. Deney örneklerinin alev kaynaklı, kendi kendine ve kor halinde yanmada yanma sıcaklıkları	81
Şekil 37. Yanma deneyi sırasında örneklerin kendi kendine (KKYs) ve kor halinde yanma (KHs) süreleri	84
Şekil 38. Emprenye edilen örneklerin yanma sırasında alev kaynaklı yanma aşaması ışık yoğunluğu (AKIY), kendi kendine yanma aşaması ışık yoğunluğu (KKYIY) ve kor hali aşaması ışık yoğunluğu (KHIIY) ortalamaları (lüks)	86
Şekil 39. Kontrol ve emprenye edilmiş örneklerin özgül ağırlık değerleri	88
Şekil 40. Tam yüklemde elde edilen su alma oranları	92
Şekil 41. Yarım yüklemde elde edilen su alma oranları	92
Şekil 42. Stiren tam yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki	93

Şekil 43. Stiren yarım yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki	93
Şekil 44. Stiren+Metil metakrilat tam yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki ...	93
Şekil 45. Stiren+Metil metakrilat yarım yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki	94
Şekil 46. Metil metakrilat tam yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki	94
Şekil 47. Metil metakrilat yarım yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki	94
Şekil 48. Tam yüklemelerde elde edilen su itici etkinlik değerleri	99
Şekil 49. Yarım yüklemelerde elde edilen su itici etkinlik değerleri	99
Şekil 50. Stiren tam yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki	100
Şekil 51. Stiren yarım yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki	100
Şekil 52. Stiren+Metil metakrilat tam yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki ..	100
Şekil 53. Stiren+Metil metakrilat yarım yükleme arasındaki ilişki	101
Şekil 54. Metil metakrilat tam yükleme ilse su itici etkinlik arasındaki ilişki	101
Şekil 55. Metil metakrilat yarım yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki	101
Şekil 56. Liflere paralel basınç direnci değerleri	107
Şekil 57. Liflere paralel basınç direnci artış değerleri	107

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çeşitli odun-polimer kompozitlerinde su itici etkinlik değerleri	30
Tablo 2. Borik asidin özellikleri	44
Tablo 3. Boraksın özellikleri	44
Tablo 4. Sodyum perboratın özellikleri	45
Tablo 5. Stirenin özellikleri	46
Tablo 6. Metil metakrilatın özellikleri	46
Tablo 7. Benzol peroksitin özellikleri	47
Tablo 8. Divinil benzen'in özellikleri	47
Tablo 9. Emprenye çözeltilerinin özellikleri	66
Tablo 10. Retensiyon miktarları (Kg/m ³)	68
Tablo 11. Birinci emprenyede elde edilen kg/m ³ retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	68
Tablo 12. İkinci emprenyede elde edilen kg/m ³ retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	69
Tablo 13. Retensiyon oranları (%)	70
Tablo 14. Birinci emprenyede elde edilen % retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	70
Tablo 15. İkinci emprenyede elde edilen % retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	71
Tablo 16. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin monomer ile emprenye edilmesinde monomer ve polimer özellikleri	72
Tablo 17. Polimerleştirme karakteristiklerinin basit varyans ve duncan testi sonuçları	75
Tablo 18. Yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı değerleri (%)	77
Tablo 19. Yanma sonrası örneklerde meydana gelen ağırlık kayıplarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	78

Tablo 20. Alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri (°C)	80
Tablo 21. Emprenye edilmiş örneklerde kendi kendine yanma, kor halinde yanma ve yıkılma başlangıcı süreleri.....	83
Tablo 22. Emprenye edilen örneklerin yanma sırasında alev kaynaklı yanma aşaması ışık yoğunluğu (AKIY), kendi kendine yanma aşaması ışık yoğunluğu (KKYIY) ve kor hali aşaması ışık yoğunluğu (KHIY) ortalamaları (lüx)	86
Tablo 23. Kontrol ve emprenye edilen örneklerin tam kuru özgül ağırlık değerleri	88
Tablo 24. Kontrol ve emprenye edilen örneklerin özgül ağırlık değerlerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	89
Tablo 25. Su alma ve su itici etkinlik değerleri	91
Tablo 26. Zaman periyotlarının monomer maddelerle karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları	95
Tablo 27. Monomer maddelerin zaman periyotlarıyla karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları	96
Tablo 28. Zaman periyotlarının monomer maddelerle karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları.....	102
Tablo 29. Monomer maddelerin zaman periyotlarıyla karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları	103
Tablo 30. Liflere paralel basınç direnci değerleri	106
Tablo 27. Liflere paralel basınç direnci artış değerleri	106
Tablo 28. Liflere paralel basınç direnci ve artış oranlarına ilişkin BVA analizi sonuçları	107

SEMBOLLER DİZİNİ

OPK	: Odun-polimer kompoziti
$A \delta_{B12}$: Liflere paralel basınç direnci artış oranı
Abm	: Sıvı monomer absorpsiyonu
ACN	: Akrilonitril
Ads	: Adsorplanan su miktarı
AK	: Ağırlık kaybı
AKIY	: Alev kaynaklı yanma aşaması ışık yoğunluğu
AKS	: Alev kaynaklı yanma sıcaklığı
ASE	: Odunun boyutsal kararlılığı
δ_{B12}	: %12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci
δ_{B9}	: %9 rutubetteki liflere paralel basınç direnci
$D \delta_{B12}$: Deney örneklerinde elde edilen liflere paralel basınç direnci
EÖ	: Emprenye öncesi
ES	: Emprenye sonrası
F_{max}	: Kırılma anındaki maksimum yük
FR	: Fire Retardants
$K \delta_{B12}$: Kontrol örneklerinde elde edilen liflere paralel basınç direnci
KHIY	: Kor hali aşaması ışık yoğunluğu
KHS	: Kor halinde yanma sıcaklığı
KHs	: Kor hali süresi
KKYIY	: Kendi kendine yanma aşaması ışık yoğunluğu
KKYS	: Kendi kendine yanma sıcaklığı
KKYs:	: Kendi kendine yanma süresi
LDN	: Lif doygunluk noktası
Mm	: Sıvı monomer miktarı
MMA	: Metil metakrilat
MMAT	: Metil metakrilat tam yükleme
MMAY	: Metil metakrilat yarım yükleme

Mo	: Tam kuru odun ağırlığı
Mö	: Emprenye öncesi ağırlık
MPDO	: Monomerin polimere dönüşme oranı
Ms	: Emprenye sonrası ağırlık
Ort.	: Ortalama
PEG	: Polietilen glikol
Pm	: Net polimer miktarı
PMo	: Deney örneklerinin tam kuru ağırlık
PY	: Polimer yükü
P _{do}	: Deney örneklerinin tam kuru özgül ağırlığı
SAO	: Su alma oranı
SAO _d	: Deney örneğinin belirli bir periyot sonundaki su alma oranı
SAO _k	: Kontrol örneğinin belli bir periyot sonunda su alma oranı
SIE	: Su itici etkinlik
ST	: Stiren
St.sp.	: Standart sapma
St+MMA	: Stiren+Metil metakrilat
St+MMAT	: Stiren+Metilmetakrilat tam yükleme
St+MMAY	: Stiren+Metil metakrilat yarım yükleme
STT	: Stiren tam yükleme
STY	: Stiren yarım yükleme
YIK _s	: Yıkılma anına kadar geçen süre
YKA	: Yanma kayıp ağırlığı
YÖE	: Yanmayı önleyici etkinlik
δo	: Tam kuru özgül ağırlık

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içersinde en eskisi odun hammaddesidir. Çok çeşitli alanlarda kullanılan odun hammaddesi yenilenebilir tek organik doğal hammaddedir. Anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşimi odunun çok farklı ürünler halinde kullanımına olanak sağlamaktadır. Özgül ağırlığının diğer yapısal materyallere oranla düşük olmasına karşın özgül ağırlığına oranla direncinin oldukça yüksek olması nedeniyle gerek masif halde gerekse kompoze ürünlere dönüştürülerek değerlendirilebilir. Odun, yapısına dıştan fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyokimyasal müdahale imkanı olan ender maddelerden olup alet ve makinelerle kolayca işlenir (1).

Günümüzde sınırlı orman kaynakları ve talebin artmasından dolayı odun hammaddesinin en akılcı bir şekilde değerlendirilmesi kaçınılmaz bir seçenektir. Ağaç malzemedен rasyonel bir şekilde faydalanma ancak teknik, fiziksel ve kimyasal esaslara dayalı modern koruma metotlarının uygulanması ile kullanım süresinin mümkün olan en yüksek sınırına ulaşması suretiyle gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşımın laboratuvar aşamasındaki ilk denemeleri 1930'ların ortalarında başlamış, giderek yoğunluk kazanan araştırmalarla 1960'larda endüstriyel üretime geçilmiştir. Odun-polimer kompozitleri (OPK) üretimi ve odunun kimyasal yapısının değiştirilmesi üzerinde en çok araştırılan konular olmuştur. Odun bünyesindeki hücre boşluklarını dolduran monomerlerin yerinde polimerleştirilmesiyle elde edilen odun-polimer kompozitleri, özgül ağırlık, su iticilik ve boyutsal kararlılık gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra mekanik özellikleri ve sertliği de önemli ölçüde artmaktadır (2).

Diğer taraftan odun yanıcı bir maddedir. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C' ye çıkarılması gerekir. Yapılarda kullanılan kiriş şeklindeki kalın ağaç malzemenin yüzeyleri ateşe maruz kaldığında, kömürleşme meydana gelmektedir. Kömürleşmiş kısımlar izolasyon maddesi gibi davranarak yanmanın ağaç malzemenin iç kısımlara nüfuzunu önlemekte ve yangın ile meydana gelen tahribatın derecesi azalmaktadır. Yangın esnasında bu şekildeki ağaç yapı malzemesi aynı koşullara maruz kalmış çelik yapıdakinden daha az

zarar görmektedir (3). Bu durum yapı içindeki canlıların ayrıca önemli ve değerli eşyaların kurtarılmasını sağlar. Fakat çelik iskeletli yapılarda ise bu işler için yeterli zaman genellikle kalmaz (4). Ancak yanmaya karşı koruyucu maddelerle empenye, gerek emniyet bakımından gerekse yanmanın engellenmesi açısından kaçınılmaz olmaktadır.

Türkiye’de önemli orman ağaçlarından olan Kızılağaçlar, geniş alanlara yayılmış, hızlı büyüyen, iyi gövde yapısıyla ekonomiye katkısı olabilecek ağaç türlerindedir. Kızılağaç meşcereleri ülkemiz ormanlarının yaklaşık % 1’ini oluşturmaktadır (5).

Bu çalışmada, Kızılağaçların Türkiye’de çok yaygın olması, düzgün gövdeler oluşturması ve hızlı büyümesi nedeniyle bu türe ait odunların çeşitli empenye maddeleri kullanılarak fiziksel ve mekanik özelliklerinin artırılması amaçlanmıştır.

1.2. Odun Su ilişkileri ve Odunun Çalışması

Geniş ölçüde gözenekli yapıya sahip bir cisim olan odun, bu özelliği ile bünyesinde su tutabilmektedir. Odunun temel yapı ünitesi olan hücre birimi üzerinden tanımlama yapmak gerekirse, su odundaki lümen adı verilen ve çıplak göz ya da adi mikroskopla görülebilen hücre boşlukları ve submikroskopik yapıda, çıplak gözle görülmeyen hücre çeperi içersindeki miseller ve fibriller arası boşluklarda olmak üzere iki ayrı yerde tutulur . Hücre boşluğu ya da “lümen” de tutulan suya “serbest su” adı verilmektedir. Hücre çeperi içinde fibriller ve miseller arası boşluklarda tutulan su ise “bağlı su” olarak adlandırılmaktadır (6).

Taze halde oldukça fazla miktarda su ihtiva eden odun; kurumaya bırakıldığında bünyesinden öncelikle serbest su buharlaşmaktadır. Odunda serbest suyun tamamen buharlaştığı ve sadece bağlı suyun bulunduğu duruma odunun “Lif Doygunluk Noktası (LDN)” denilmekte ve bu noktadaki ortalama rutubet derecesi % 28 olarak kabul edilmektedir (6).

Odun, % 0 rutubet derecesi yani tam kuru hal ile, lif doygunluk noktası adı verilen % 28 rutubet derecesi arasında bünyesine su alarak genişleyebilmekte ve bünyesinden su

vererek daralabilmektedir. Boyutlarda ve hacimde meydana gelen bu genişleme ve daralmaya "Odunun Çalışması" denilmektedir (6).

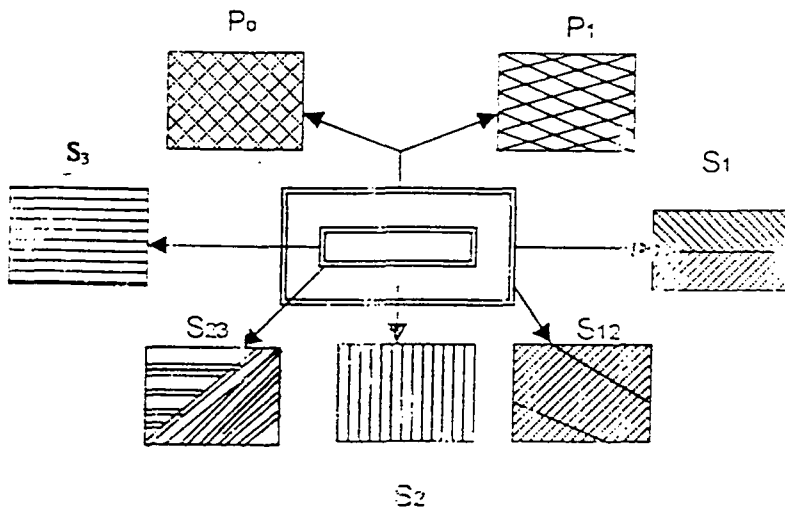
1.2.1. Odunun Genişleme ve Daralması

Odunun çalışması, onun yapısının doğal bir sonucudur. Odunun çalışmasının temel olarak iki sebebi vardır:

- 1- Selüloz, hemiselüloz ve az da olsa lignin bileşenlerinde bulunan ve higroskopik özellik gösteren serbest hidroksil (OH^-) grupları.
- 2- Odunun misel yapısı nedeniyle çok geniş bir iç yüzeye sahip oluşu (7).

Bu iki ana faktörü detaylı olarak izah etmek için, odunun doku elementi olan hücrenin ve hücre yapısının incelenmesi gerekecektir.

Hücre çeperi, orta lamel (L), primer (P) ve sekonder (S) çeperden oluşur. Sekonder çeper (S) ise kendi içinde; S_1 , S_2 ve S_3 adlarıyla bilinen 3 farklılaşmış tabakadan ibarettir. S_1 , dış sekonder çeper, S_2 orta kısım, S_3 iç tabakadır. Orta lamel hücreler, arasında yer alan pektin ve ligninden ibaret olup hücre çeperinin büyümesi sırasında ilk oluşan kısımdır. Sekonder çeper hücre çeperinin kalınlaşması ile oluşmaya başlar (Şekil 1)



Şekil 1. Odun hücre çeperindeki mikrofibril yapısının şematize gösterimi

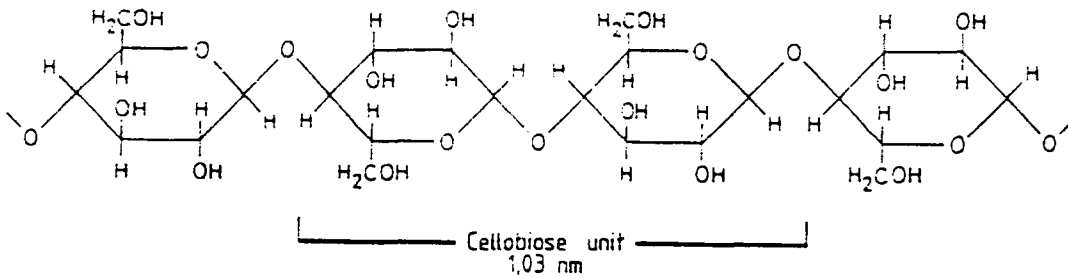
Po ve P₁ primer çeper (P)'in dış ve iç yüzeyini şematize etmekte, S₁, S₂ ve S₃ sırasıyla sekonder çeperin dış, orta ve iç tabakalarını temsil ederken S₁₂ ve S₂₃ ara geçişleri şematize olarak göstermektedir.

Odunsu hücre çeperinin temel kimyasal bileşenleri selüloz, hemiselülozlar ve lignin hücre çeperi içinde farklı şekil ve miktarda bulunmaktadır. Odunsu hücre çeperi, alt ve üst ekstremler olmakla birlikte yaklaşık %50 selüloz, %20-35 Hemiselüloz ve %16-33 lignin içermektedir (7).

Primer çeper sekonder çepere oranla daha fazla lignin içermekte ve sadece % 5-10 oranında selüloza sahip bulunmaktadır. Sekonder çeper ise iç içe S₁, S₂, S₃ olmak üzere üç tabakadan ibaret olup, oldukça fazla miktarda selüloz içermektedir. Orta lamel ise tamamen ligninden ibarettir (7).

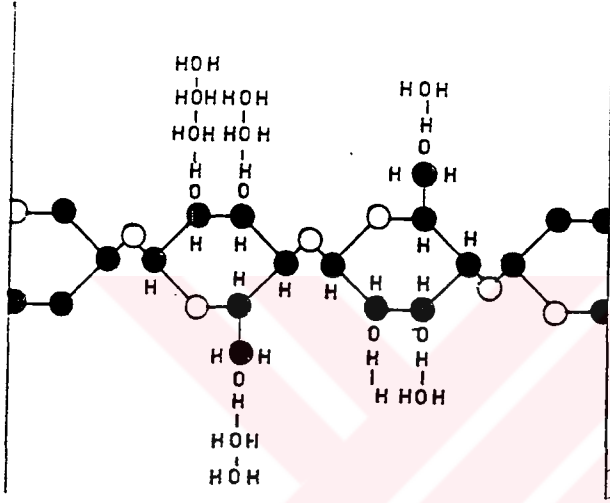
1.2.2. Mikrofibriller, Fibriller ve Miseller

Odunsu hücre çeperinin en önemli bileşeni olan selüloz, glukoz anhidrit ünitelerinin uç uca eklenmesiyle zincir şeklinde lineer moleküller oluşturmakta ve genellikle lifler yönünde uzanmaktadır. Odunun fiziksel özellikleri, büyük ölçüde selüloz moleküllerinin lifler yönünde uzanmasından kaynaklanmakta ve bu durum odun-su ilişkileri bakımından büyük bir önem arz etmektedir (7).



Şekil 2. Selüloz molekülü

Bir selüloz molekülünde ortalama 10.000 glukoz anhidrit ($C_6H_{10}O_5$) birimi bulunur. Her glukoz anhidrit biriminde ise üç adet serbest hidroksil grubu (OH^-) vardır. Birbirlerine 1-4- β -D glukozidik bağlarla bağlanarak selüloz molekülünü oluşturan glukoz birimlerinin içerdiği hidroksil grupları (OH^-) nedeniyle, selüloz molekülleri suyu kendine bağlama yeteneğine sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3. Odundaki selüloza suyun bağlanması

Selüloz molekülleri demetler biçiminde birbirleriyle birleşmişlerdir. En küçük demet olan “*elementer fibril*” aynı yönde uzanan 40 adet selüloz molekülünden meydana gelmektedir. Elementer fibriller de güçlü hidrojen bağlarıyla bir araya gelerek daha büyük demetleri, elektron mikroskopuyla görülebilen en küçük yapısal birim olan “*mikrofibriller*”i oluşturur. Mikrofibriller ise kısmen tek tek iplikçikler halinde kısmen de birleşerek selülozik iskelet dokusunu oluştururlar (7).

Son yıllarda, odunsu hücre çeperinde selüloz moleküllerinin oluşturduğu yapı, saçak-misel teorisinde tanımlandığı şekliyle kabul edilmektedir. Bu teoriye göre, yukarıda açıklandığı gibi yaklaşık 2000 selüloz molekülü içeren mikrofibriller ve onların meydana getirdiği fibril yapısı içerisinde, uzun selüloz moleküllerinin birbirine paralel olmadıkları düzensiz kısımlar bulunmaktadır. Selüloz moleküllerinin birbirine paralel ve düzenli şekilde

uzandıkları kısımlara “*kristalit zon*”, bunun aksine birbirine paralel olmayıp düzensiz şekilde uzandıkları kısımlara ise “*amorf zon*” adı verilmektedir. Kristalit zon, ayrıca “*misel*” olarak da anılmaktadır. Böylece gerek miseller ve gerekse fibriller arasında kapiler boşluklar meydana gelmektedir (7).

1.3. Odun-Su İlişkilerini ve Çalışmayı Azaltıcı Yöntemler

Oldukça sakıncalı bir özellik durumundaki rutubet alış verişi ve çalışmanın azaltılması çok eskiden beri ilgi duyulan bir konu olmuştur. Bu tip sorunların en açık çözümü; çalışması az olan bir odun kullanmaktır. Fakat bu her zaman geçerli olmamaktadır. Bununla birlikte kullanım yerine göre uygun ağaç türünün seçilmesi, bazı konstrüksiyon yöntemlerinin uygulanması, kontrtabla, kontrplak, yonga ve lif levha gibi malzemelerin bulunması diğer amaçlar yanında çalışmayı azaltma çabalarına dayanmaktadır. Aslında etkili ve usulüne uygun yapılan bir teknik kurutmanın da higroskopik özellikleri büyük ölçüde iyileştirdiğini unutmamak gerekir. Rutubet alış verişi ve çalışmayı önlemeye yönelik ilk yöntemler arasında su ile yıkanma veya su buharı ile muamele yer almaktadır. Yeni kesilmiş ve taze haldeki ağaç malzemenin normal su içinde uzunca süre bekletilmesiyle higroskopik özellikteki mannan, ksilan, protein, şeker, nişasta vb. maddelerin yıkanması sonucu odunun çalışmasının bir miktar azaltıldığı ileri sürülmektedir (8). Su buharı ile muamele de ise, yüksek sıcaklık derecelerinin etkisi nedeniyle odunun su alma suretiyle genişlemesi, uygulanan sıcaklık derecesi ve basınca bağlı olarak belli miktarda azaltılabilmektedir. Burada asıl odun-su etkileşimini azaltmaya yönelik yöntemler üzerinde durulacaktır. Söz konusu yöntemler iki temel grup altında toplanmaktadır (9).

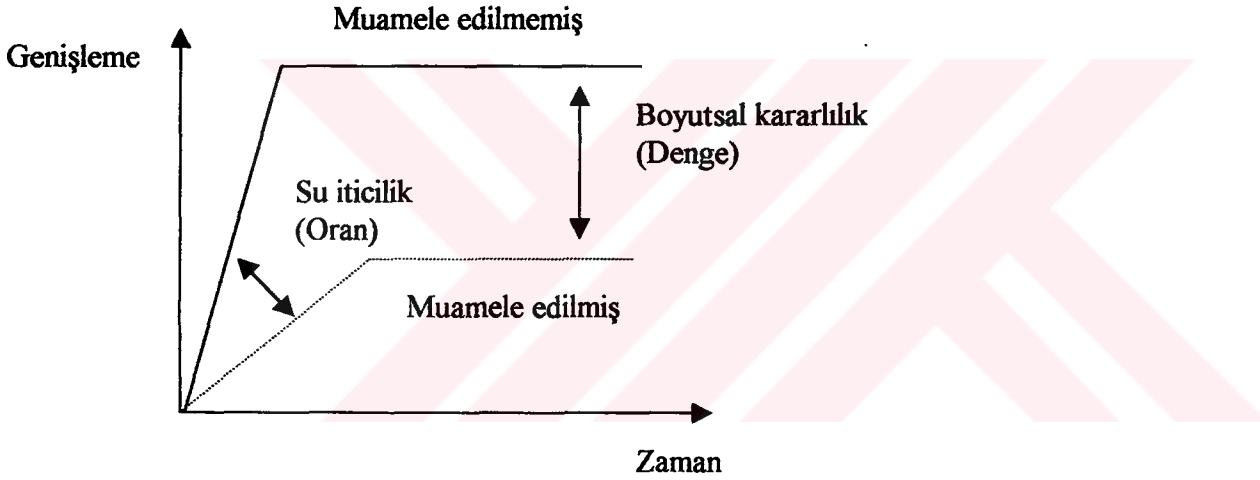
1- Literatürde “Water Repellency” olarak adlandırılan su almayı önleyici ya da su itici yöntemler

2- “Dimensional Stabilization” şeklinde ifade edilen, boyutsal kararlılığı sağlayan yöntemler

Bu iki yöntem çoğu kez aynı anlamda kullanılsalar dahi, odundaki rutubeti kontrol etmeye yönelik yaklaşımları tamamen farklıdır.

Birinci grupta yer alan su almayı önleyici işlemlerin etkisi, odunda artan sıvı su oranını kontrol etme ya da önleme yeteneği olarak açıklanabilmektedir. Bu tip yöntemler genellikle fiziksel olarak etkili yöntemlerdir. Yani hücre boşluklarının bazı hidrofobik maddelerle doldurulması söz konusudur. Bunlara örnek olarak; parafin, wax ve silikon yağlarına daldırma verilebilir.

İkinci gruptaki boyut kararlılığı sağlayan işlemlerin etkisi ise; odundaki rutubet artışından kaynaklanan genişleme ve daralmayı azaltma veya önleme yeteneği olarak açıklanabilir. Bu grupta yer alan yöntemler genellikle kimyasal olarak etkilidir. Her iki grup yöntemle muamele edilmiş ve edilmemiş ağaç malzeme için genişleme/zaman eğrisi Şekil 4'de verilmektedir.

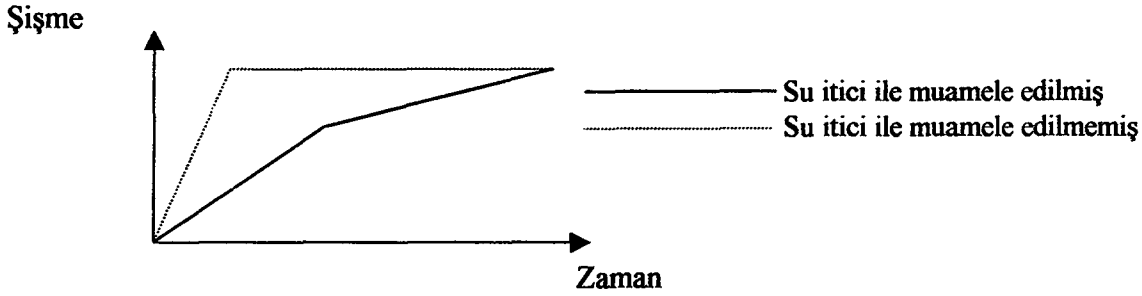


Şekil 4. Su itici ve boyut değişmezliği sağlayan yöntemlerin genişleme/zaman eğrisi

Üstteki eğri muamele edilmemiş ağaç malzemenin süratli bir şekilde su aldığı ve maksimum dereceye kadar genişlediğini göstermektedir. Altteki eğri ise muamele edilmiş malzemeyi göstermektedir. Burada hem su iticiliğin hem de boyutsal kararlılığın sağlandığı görülmektedir. Burada dikkat edilecek nokta ise: su iticiliğin bir oranı ifade ettiği, boyutsal kararlılığın ise bir denge olayı olduğudur (9).

1.3.1. Su İtici Yöntemler

Su iticilik sağlayan yöntemler genellikle fiziksel karakterlidir. Böyle yöntemlerin etkinliği, odunda artan sıvı oranını kontrol etme ya da önleme yeteneği şeklinde açıklanmaktadır. Bu yöntemlerin genişleme/zaman eğrisi Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Su itici işlemlerin genişleme/zaman eğrisi (9).

Böyle işlemler odundaki rutubet artışı oranını azaltmakta fakat zamanla genişleme derecesi doğal haldeki odunla yaklaşık aynı olmaktadır. Yani rutubet alarak genişleme olayı doğal haldeki oduna nazaran 5-6 kat daha uzun zamanda gerçekleşmektedir. Böyle işleme maruz bırakılan ağaç malzeme, muamele edilmemiş malzemedен daha uzun sürede fakat sonuçta onunla aynı derecede genişlemekte ve çalışmaktadır.

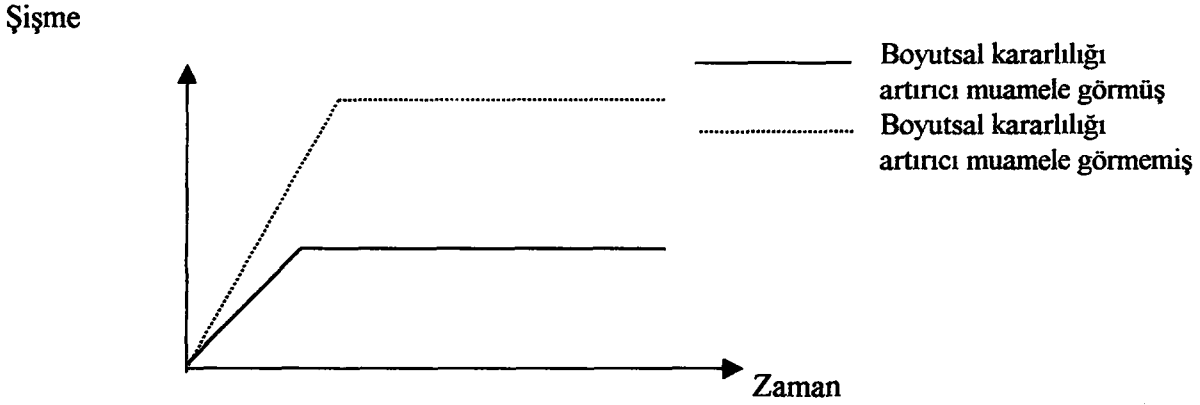
Su iticilik sağlayan yöntemlerin temel prensibi, gözenekli bir yapıya sahip olan odunda boşlukların parafin, wax, silikon yağları gibi bazı koruyucu tabaka teşkil eden maddelerle kaplanması şeklinde ifade edilebilmektedir.

1.3.2. Boyutsal Kararlılığı Sağlayan Yöntemler

Bu işlemler; odun tarafından absorbe edilen su miktarını en aza indirmeyi amaçlayan ve bu sayede daralma ve genişlemeyi azaltıcı yöntemleri kapsar. Odunun boyutsal kararlılığı, onun suyu absorbe etme hızı ve eğiliminden çok absorbe edilen su miktarına bağlıdır. İşte bu yöntemlerin su itici yöntemlerden farkı; zamana bağlı absorpsiyonu engelleme amacından çok, absorbe edilen su miktarını minimize etmeye yönelmesidir.

Sonuçta odunun su alışı veya veriş (absorpsiyon-desorpsiyon) hızı değil miktarı kontrol altına alındığından, odunun çalması kontrol oranına bağlı olarak azaltılmaktadır (Şekil 6) (9).

Bu tip işlemlerin karakteristik genişleme/zaman eğrileri Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Boyutsal kararlılığı sağlayan yöntemlere ilişkin genişleme/zaman eğrisi (9).

Şekilden anlaşılacağı gibi, bu yöntemlerde amaç, ilk etapta rutubet alınımını kontrol etmek değil fakat nihai genişleme oranını minimize etmektir.

Odunda boyutsal kararlılık, hemiselüloz ve selülozdaki hidroksil gruplarının su ile hidrojen bağı oluşturmasının önlenmesiyle büyük ölçüde sağlanmış olmaktadır. Odunun boyutsal kararlılığı genel olarak; ASE kısa adıyla İngilizce orijinal ifadesi ile “anti-swelling efficiency” yani odunun genişlemesini engelleme etkenliği olarak ifade edilmekte ve aynı koşullarda suya daldırılmış olan, işlem görmüş odundaki boyutsal veya hacimsel değişimin işlem görmemiş olan odundaki değişim oranlarına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (9).

$$ASE = \frac{(Su-S)}{Su} * 100 \quad (1)$$

$$Su = 100 * (Vw-Vo) / Vo \quad (2)$$

Burada, ASE: Odunun boyutsal kararlılığı (%)

Su; işlem görmemiş odunun tam kuru ve suyla doygun hal arasındaki boyutsal veya hacimsel değişim yüzdesi (%)

Vw; suyla doygun haldeki boyut veya hacim,

Vo; tam kuru haldeki boyut veya hacim,

S; işlem görmüş odunun tam kuru ve suyla doygun hal arasındaki boyutsal veya hacimsel değişim yüzdesidir (%).

Böylece % 0'lık bir ASE, işlem görmüş odunun muamelesiz odundan şişme ve daralma farkı göstermediğini, % 100'lük bir ASE ise boyutların tam anlamıyla kararlı hale geldiğini ortaya koyar (9).

1.3.3. Odunda Boyutsal Kararlılığı Arttıran Yöntemler

1.3.3.1. Odunun Higroskopisitesinin Azaltılması

Odundaki hücre çeperi bileşenlerinde bulunan hidroksil grupları termal (ısı) işlemle uzaklaştırılabilir. Fakat bu işlem yüksek sıcaklıklarda uygulandığında odunun mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediğinden fazla tercih edilmemektedir (9).

1.3.3.2. Fiziksel İşlemler

Odunun hidrofobik veya yağ karakterli kimyasal yüzey işlem maddeleriyle (örneğin Parafin) işleme tabi tutulması ile, yüzeydeki hücre boşlukları aracılığıyla su alımının önüne geçilmesi denenmektedir. Ancak yüzeyde etkili bu tip uygulamalar uzun süreler için çözüm olmaktan uzaktır (9).

1.3.3.3. Kimyasal İşlemler

Odunun boyutsal kararlılığını kimyasal yoldan sağlayan işlemler iki grupta incelenmektedir:

1- Bulking (hücre çeperini şişirerek onları o durumda muhafaza etme ve ayrıca hücre lümenlerine dolarak su geçişine karşı tıkama) yöntemleri.

2- Kimyasal çapraz bağlanma (cross-linking) yaparak odundaki OH⁻ gruplarının suyla ilişkiye girmesini engelleyen yöntemler,

1.3.3.3.1. Odunsu Hücre Çeperinin Genişletilmesi (Bulking)

Odunsu hücre çeperinin genişletilmesi (bulking) yöntemlerinin temel prensibi; suyun hücre çeperindeki miseller arası boşluğa yerleşmesi ile tamamen genişlemiş ve şişmiş durumdaki ağaç malzemedeki misellerin arasındaki suyun yerine, uygun kimyasal maddelerin yerleştirilmesi suretiyle boşlukları doldurmak ve genişlemiş halin korunmasıyla odunun normal daralmasını önlemektir. Odunun genişlemiş halinin korunmasıyla çalışması önlenmekte, lif doygunluğu halindeki boyutları stabilize edilmektedir (8). Böylece elde edilecek genişleme miktarı teorik olarak kullanılan kimyasal madde kadar olacaktır.

Bu yöntemler genellikle üç grupta ele alınmaktadır (9):

- 1- Kimyasal bağ oluşturmeyen, yıkanabilir nitelikte olanlar
- 2- Kimyasal bağ oluşturmeyen, yıkanmaz nitelikte olanlar
- 3- Kimyasal bağ oluşturan ve yıkanmaz nitelikte olanlar

İlk iki grupta kullanılan madde ve yöntemler kimyasal değil fiziksel yönden etkinliğe sahiptir. 3 grup yöntemler ise odunun yapısında bağlar oluşturarak etki sağlamaktadır.

1.3.3.3.1.1. Kimyasal Bağ Oluşturmeyen, Yıkanabilir Nitelikli Maddelerle Muamele Yöntemleri

Bu gruba örnek olarak çeşitli şeker veya tuzların sulu çözeltileri ile PEG (Polietilen glikol) ile muamele verilebilir. Odunun yüksek konsantrasyonda tuz veya şeker çözeltileri ile (manganez, sodyum, baryum, lityum klorür tuzları gibi) emprenye edilmesiyle, miseller arası boşluğa bu tuzların veya şekerlerin girdiği belirtilmektedir. Bu konuda ilk çalışmalar; Stamm (1934 ve 1937) tarafından yapılmış, glukoz-fruktoz karışımı gibi doğal şeker çözeltileriyle muamelede odunun daralma miktarının % 70 oranında azaltılabildiği belirlenmiştir. Ancak

gerek tuzlar gerekse şekerler çevredeki havanın rutubetini çekmekte ve bu durumda odun yüzeyi ıslak bir hal almaktadır. Böylece odun içindeki tuz ve şekerler kolayca yıkanmakta ve etkinlikleri azalmaktadır. Bu sakıncaları nedeniyle uygulama da fazlaca kullanılmayan söz konusu tuz ve şeker çözeltileri, odun yüzeyi iki ayrı katman halinde verniklemeğe tabi tutulursa etkili olabilmektedir (9).

1.3.3.3.1.1.1. Polietilen Glikol İle Muamele

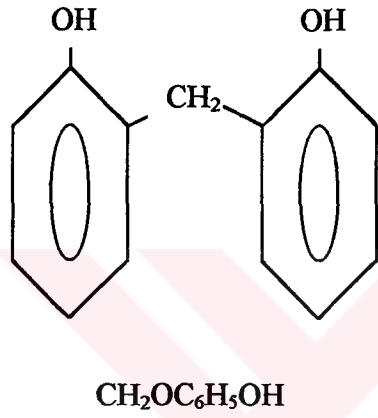
Polietilen glikol su ile karışabilmekte, taze veya yaş haldeki ağaç malzemenin hücre çeperi içersine kolaylıkla girebilmekte, miseller arasında yaş haldeki ölçülerin korunmasını sağlayarak daralmayı önlemektedir. Ağırlık bakımından % 30 konsantrasyonda hazırlanan PEG çözeltisi, boyutları yüksek derecede stabilize edilebilmektedir. Çoğunlukla uzun moleküllü olan PEG-1000 kullanılmaktadır. Muamele edilecek ağaç malzeme kalınlığına göre değişmekle birlikte uzunca bir süre (1-12 gün) PEG çözeltisi içersine batırılmaktadır. PEG muamelesinden sonra ağaç malzeme kurutulmaktadır (10, 11). PEG ile bu şekilde yapılan işlemlerde daralma miktarını % 52 oranında azalttığını bildirmiştir.

Bunların haricinde PEG muamelesi, odunun enine kesitlerinde kurutma sırasında meydana gelen (V) çatlaklarını da önlemektedir. Odunun direncinde bazı azalmalara sebep olmakta ise de bu önemli bulunmamakta, yapışma ve işleme özellikleri değişmemektedir. Bugün PEG, endüstri ve küçük sanat işlerinde, tüfek imalinde kullanılan ağaç malzeme ile oyma işlerinde kullanılan ağaçların boyutlarının stabilize edilmesinde kullanılmaktadır (8).

1.3.3.3.1.1.2. Kimyasal Bağ Oluşturmayan, Yıkanmayan Nitelikli Maddelerle Muamele Yöntemleri

Bu grupta; ağaç malzemenin fenol formaldehit gibi reçinelerin sulu çözeltileriyle muamele edilmesi söz konusudur. Bu şekilde odunun hücre çeperi yapısı içine giren reçine molekülleri odunu genişletmekte, fakat hücre çeperi asli bileşenleriyle herhangi bir kimyasal bağ oluşturmamakta ve su ile temasta çözünmeyen (yıkanmayan) bir hal almaktadır.

Ağaç malzemenin boyutlarını stabilize etmek için hücre çeperi içersine sentetik reçine yerleştirilmesi pratik ve teknik bakımdan çok elverişli bulunmaktadır. Sentetik reçineler içinde en etkili olarak suda çözünen fenol formaldehit reçinesi bulunmuştur (Şekil 9). Fenol formaldehit reçinesinin molekülleri yeter derecede küçük olduğundan hücre çeperi yapısı içine iyi şekilde girebilmektedir. Fenol formaldehitin sulu çözeltisinin polaritesinin yüksek olması nedeniyle, odunsu hücre çeperi bu çözelti içinde su içersindekinden daha fazla bir genişleme ve şişme göstermektedir (8).



Şekil 7. Fenol formaldehitin açık ve kapalı formülü

Kaplama levhaları, fenolik reçine ile emprenye edilerek Impreg ve Kompreg adı verilen ürünler elde edilmektedir.

Impreg, fenol formaldehit reçinesi ile emprenye edilmiş ince kaplama levhalarının emprenye edildikten sonra reçinenin difüzyonla odun içinde yeknesak şekilde yayılmasını sağlamak bakımından bir süre istif edilerek bekletilmesi ve daha sonra kurutma fırınları veya kaplama levhası kurutma makinelerinde kurutulması ve reçinenin sertleşmesi için daha yüksek sıcaklık derecesinde kurutmadan sonra levhaların tutkal yardımı ile çok sayılı tabakalar halinde birbirine yapıştırılması ile elde olunmaktadır . Bu malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerinde ABD’de Orman Ürünleri laboratuvarlarında bir çok çalışmalar gerçekleştirilmiştir (8).

Sonuçta, Impreg ürünlerinde kontrol ürünlerine göre büyük bir oranda su iticilik etkinlik sağlanmıştır. Aynı zamanda mekanik özelliklerden liflere paralel yöndeki basınç direncinde, gevreklikte ve yarıma dirençlerinde iyileşmeler elde edilmiştir. Fakat çekme direnci ve sertlikte azalmalar görülmüştür.

Kompreg ise; yine aynı şekilde fenol formaldehit sulu çözeltisi ile çeşitli yöntemler yardımıyla emprenye edilen kaplama levhalarının preslerde sıcaklık ve basınç etkisiyle sıkıştırılması sonucu elde edilmektedir. Kompreg malzemesinin, muamele edilmemiş kaplamalarla mukayese edilmesinde sertlik ve eğilme dirençlerinden başka diğer mekanik özelliklerde de artmalar görülmüştür. Impreg'de daralma miktarında ki azalma % 60-70 oranında, Kompreg'de ise bu miktar % 50-60 oranında değişmektedir (12).

Sentetik reçine olarak fenol formaldehitten başka resorsin ve melamin reçineleri kullanılabilir. Fakat bunlar pahalı olmaları sebebiyle uygulamada yer almamışlardır.

1.3.3.3.1.3. Kimyasal Bağ Oluşturan, Yıkanmaz Nitelikli Maddelerle Muamele Yöntemleri

Organik reaktifler kimyasal reaksiyon yoluyla hücre çeperi maddelerinde bulunan hidroksil gruplarına katılabilir. Kararlı bir kimyasal ile bu tip muamele, odunun higroskopitesini azaltır ve hücre çeperini genişletir. Örneğin anhidrit, klorit asit, izosiyanat, aldehit ve alkil gibi reaktif grupları içeren kimyasal maddeler odun ile reaksiyona girdiği zaman hücre çeperi polimer hidroksil grupları ile kovalent bir bağ oluşturur (13).

Bu amaçla kullanılan kimyasal maddeler başlıca iki kategoride toplanmaktadır (9):

1- Tek bir hidroksil grubu ile reaksiyon meydana getiren polimer zincirinde tek taraflı katılma sağlayan kimyasal maddeler.

2- Bir hidroksil grubuyla reaksiyona giren ve sonra polimerizasyon katılması meydana getiren kimyasal maddeler.

1.3.3.3.1.3.1. Tek Taraflı Katılma Sağlayan Maddelerle Muamele Yöntemleri

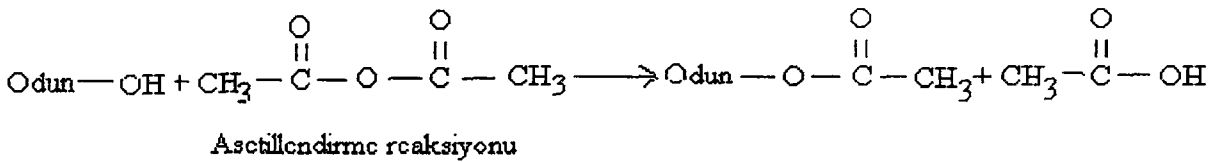
Bu grupta yer alan yöntemlerde, selüloz, hemiselüloz ve lignin polimerinin serbest hidroksil gruplarına (OH^-) tek taraflı bir katılma meydana getirmektedir. Bunun sonucunda higroskopik olan hidroksil grupları yerine daha az higroskopik olan asetat grupları yerleşmektedir. Böylece hem hücre çeperindeki miseller arası boşluklar doldurulmakta hem de higroskopik hidroksil (OH^-) grupları azalmaktadır. Bu yöntemde en yaygın ve etkili olan asetillendirme yöntemidir. Asetillendirmede kullanılan kimyasal madde asetik anhidridtir (katalizörlü ve katalizörsüz) (9).

Asetillendirme reaksiyonu; bir basınç silindiri içerisinde reaksiyonu hızlandırmak için genellikle bir katalizör kullanılarak, 110 °C veya 120 °C sıcaklık uygulanarak gerçekleştirilir. Ağaç malzemenin rutubeti % 5'ten fazla olmamalıdır (13).

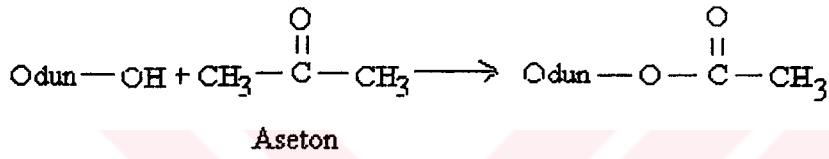
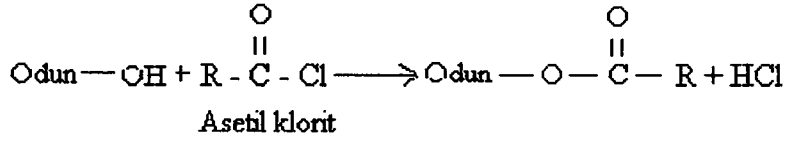
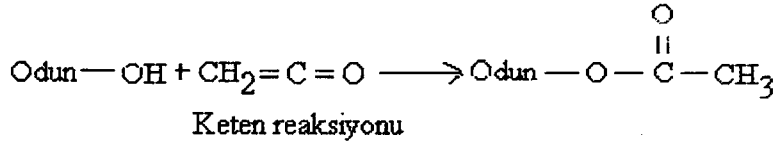
Asetillendirmede, katalizörün türü büyük bir önem arz etmektedir. Güçlü asit katalizörleri asetillendirme reaksiyonu için uygundur. Fakat bu tip katalizörler selülozu degrade edip, odunun mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilerler (14).

Yapılan bir çalışmada piridin (% 20) katalizörlü asetik anhidrit (% 80) kullanılarak % 20-25'lik ağırlık artışına sahip asetillendirilmiş ağaç malzemedeki mekanik özellikler etkilenmeksizin genişleme oranındaki azalma % 70'e kadar artmıştır (14).

Fazla masraflı ve penetrasyonu zor bir muamele olmasından dolayı, bu yöntem bazı özel kullanım yerleri hariç olmak üzere uygulamada çok sınırlı tutulmuştur. Aşağıda bazı tek taraflı bağlanma yapan reaksiyonlar verilmiştir:

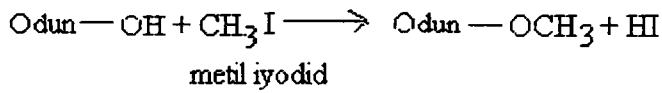


Şekil 8. Asetillendirme işlemindeki kimyasal reaksiyon sırası.



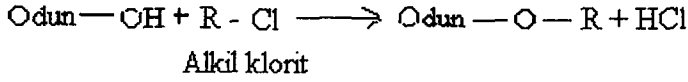
Şekil 9. Odundaki OH⁻ gruplarının tek taraflı katılma sağlayan kimyasal maddelerle reaksiyonu

- Metilasyon; odunun dimetil sülfat veya metil iyodid ile muamelesi yoluyla hücre çeperi polimerlerinin eterifikasyonu esasına dayanır (9).



Şekil 10. Odunun OH⁻ gruplarının metil iyodid'le bloklanması.

- Alkilasyon; odunun piridin veya alüminyum klorit katalizörleri varlığında alkil kloritle muamele edilmesi esasına dayanır.

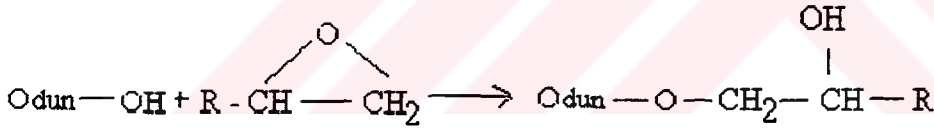


Şekil 11. Odunun hidroksil gruplarının alkil kloritle bloklanması.

- Aldehitlerle muamele; odunun asetaldehit, benzaldehit, glioksal, glutaraldehit, α -hidroksiadipaldehit, ftalaldehit glikol asetat, heptaldehit, kloroasetaldehit ve furfural gibi aldehitlerle emprenye edilmesi ve sıcaklık etkisiyle katılaşmanın sağlanması sonunda % 50-70 arasında bir boyutsal kararlılık (ASE) sağlanabilmektedir (9).

1.3.3.1.3.2. Polimerizasyon Katılması Sağlayan Maddelerle Muamele Yöntemleri

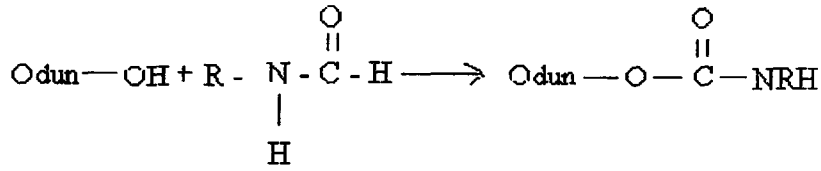
Bu grupta kullanılan en karakteristik kimyasal maddeler epoksitlerdir (Şekil 12). Bu reaksiyon sonunda meydana gelen yeni (OH^-) grubu diğer bir epoksit grubu ile reaksiyon vererek "bir polimerizasyon katılması" oluşturmaktadır.



Şekil 12. Epoksitlerin odunda reaksiyonu (9)

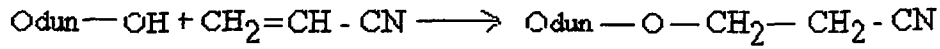
Kullanılan en basit epoksit, trietilenamin ile katalize edilen etilen oksittir ($\text{CH}_2\text{O—CH}_2$). Odunun bu madde ile odunun buhar fazında muamele edilmesi sonucu daralmada % 60'lık bir azalma elde edilmiştir (13). Diğer epoksitler arasında propilen oksit, bütilen oksit ve epikloridin sayılabilir.

İzosiyanatlar; odunun hidroksil grupları izosiyanatlarla reaksiyona girerek azot içeren esterler meydana getirirler. Etil, n-bütül ve t-bütül izosiyanatlar aşağıdaki reaksiyon uyarınca oduna bağlanmaktadır.



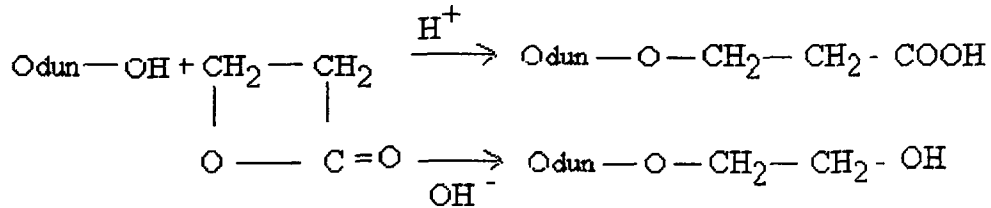
Şekil 13. İzosiyanatların oduna bağlanma reaksiyonu.

Akrilonitriller; metanolde çözüldürülerek oduna emprenye edilen akrilonitril aşağıdaki reaksiyon uyarınca hücre çeperi bileşenlerine bağlanmaktadır (Şekil 14):



Şekil 14. Akrilonitrilin odunun OH^- gruplarıyla reaksiyona girmesi.

β -Propilakton; odunun OH^- grupları ile asit ve alkalin koşullarda olmak üzere eter ve ester bağları oluşturmaktadır (Şekil 15).

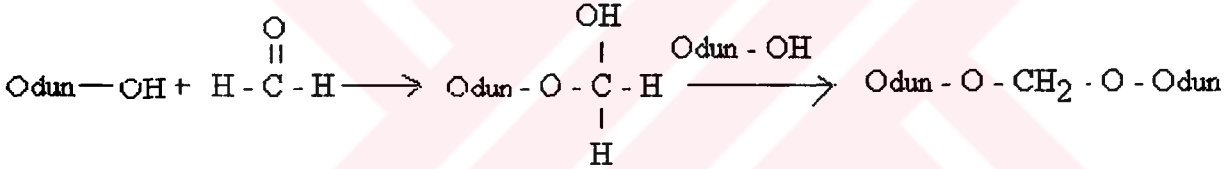


Şekil 15. β -Propilakton'un odun hücre çeperi bileşenleri ile asidik ve alkalin koşullarda oluşturduğu bağlanmalar.

1.3.3.3.2. Kimyasal Çapraz Bağlanma (Cross linking) Sağlayan Yöntemler

Odun hücre çeper ana maddelerinin; kimyasal olarak birbirlerine bağlanması halinde elde edilen bağlar, odun boyutlarını sabit kılar (13). Odunu stabilize etmek için en ekonomik ve en etkin metot formaldehit ile cross linking yöntemidir. Örneğin, % 5 formaldehit kullanılarak mükemmel bir boyut kararlılığı gerçekleştirilebilmektedir (15). Sistem cross linking reaksiyonu başlatmak için güçlü asit katalizörü gerektirdiğinden odunun tüm direnç özelliklerinde azalmalar görülür. Örneğin eğilme direncinde % 50 kadar bir azalma görülmüştür (16). Bu direnç azalmaları hem asit katalizörü ve hem de elastik olmayan formaldehit zonlarının etkisinden dolayı meydana gelmektedir.

İki adımda gerçekleşen reaksiyon uyarınca odunun OH⁻ grupları çapraz bağlarla bloklanması Şekil 16'da gösterilmiştir. (9).



Şekil 16. Odunun hidroksil gruplarının çapraz bağlarla bloklanması.

Bu yöntem odunda, boyutsal kararlılığı büyük ölçüde sağlamakta ve biyolojik zararlılara karşı direncini artırmaktadır. Fakat artan çevre duyarlılığının formaldehitin kanserojen etkisi nedeniyle kullanımına kuşkuyla yaklaşmasına yol açmıştır .

1.4. Odun-Polimer Kompozitleri

Odunun; önce bir sıvı monomerle empenye edilmesi ve sonra hücre boşluklarına yerleşen monomerin çeşitli yöntemlerle polimerleşmesi sonucunda odun-polimer kompozitleri (OPK) elde edilmektedir. Odun-polimer kompoziti yapımında genellikle masif ağaç malzeme kullanılırken bunun yanı sıra yongalevha ve MDF gibi çeşitli odun

kompozitleri de kullanılabilir. odun-polimer kompoziti haline dönüşen ağaç malzemenin iyileşen en önemli özellikleri; sertlik, işlenebilirlik ve boyutsal kararlılıktır (17). 1930-1960 yılları arasında, odunun teknolojik özelliklerini iyileştirmeye yönelik bir çok yeni yöntem geliştirilmiştir. Asetillendirme, selüloz zincirlerinin formaldehitte çapraz bağlanması, etilen oksit muamelesi, fenol formaldehit muamelesiyle impreg ve kompreg gibi özel ürünler elde edilmesi ve polietilen glikol muamelesi bu dönemde geliştirilen ve endüstriyel uygulamaya konu olan yöntemlerdir. 1960'lı yılların başından itibaren bir ya da daha fazla sayıda çift bağ içeren kimyasal maddelerle yeni yöntemler kullanılmaya başlanılmıştır. Odunun sıvı monomerlerle odunun muamele edilmesi bu kapsamda en çok araştırılan ve uygulamaya geçirilen yöntem olmuştur. Söz konusu yöntemin serbest radikal üreten katalizörleri asidik ya da bazik olmadıklarından, selüloz zincirlerinin degrade olması ve bunun sonucunda odunun kırılğan bir hal alması sakıncası bulunmamaktadır (18, 19, 20, 21).

Odunun boyutsal kararlılığını arttırmak için kullanılan yöntemlerden biri; odunun genişlemesi ve çalşmasını azaltmak için hücre lümenlerini metil metakrilat veya stiren gibi vinil monomerlerle polimerizasyon işlemidir. Diğer yöntem ise; rutubetin neden olduğu boyutsal değışikliğı azaltmak için hücre çeperinin fenolik reçinelerle kimyasal bir işleme tabi tutulmasıdır (21,22).

Odun-polimer kompoziti üretimi 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 odunu degrade etmemektedir (23).Hücre yapısına verilen monomerin polimerleşmesinde; radyasyon tekniğı ve katalizör-ısı tekniğı olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Ayrıca, monomerin hücre çeperi bileşenleriyle kimyasal bağ yapmasını içeren graft polimerizasyonu ve odun korumayla ilgili toksik maddelerin polimer zincirine eklenmesini içeren biyoaktif polimerlerle muamele yöntemleri geliştirilmiştir (24, 25).

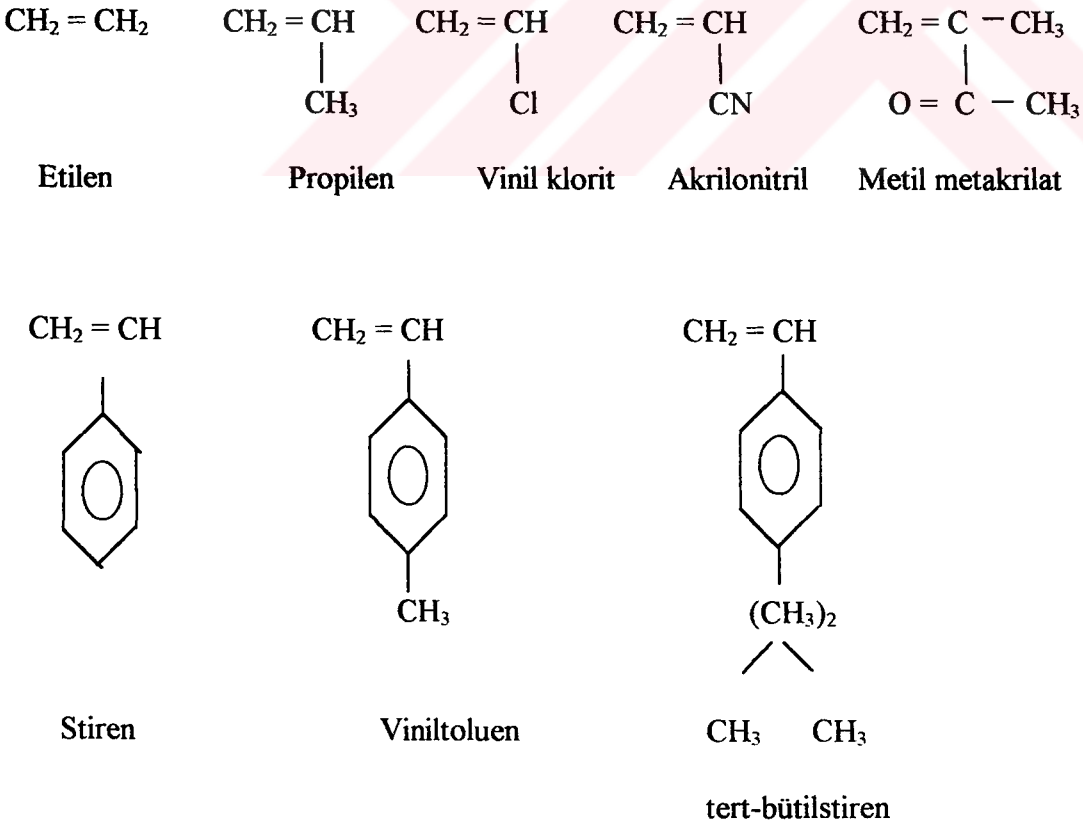
Odun-polimer kompozitlerinin başlıca kullanım alanlarını; parke döşemeleri, panel duvarlar, özel amaçlı yüzey kaplamaları, merdiven trabzanı, pencere denizliğı, büro

ekipmanları, bilardo ve golf sopaları, otomobil aksamı, bıçak sapı, ok yayı, transformatör iç taşıyıcısı ve süs eşyaları oluşturmaktadır (26).

1.4.1. Vinil Monomerlerin Polimerizasyon Mekanizması

1.4.1.1. Vinil Yapısı

Vinil grubu, alifatik hidrokarbonlar içinde yer alan ve olefin hidrokarbonları olarak da bilinen alkenler grubuna ait bulunmaktadır. Alken strüktürünün karakteristik özelliği karbon-karbon çifte bağ içermesidir. Yani alkenler C = C fonksiyonel grubunu içeren ve oldukça reaktif bileşiklerdir. Vinil yapısı; alkenler bir eksik sayıda hidrojen atomu içeren ve alkenil grupları olarak adlandırılan gruplardan birini oluşturmaktadır (27). Vinil polimerler, yumuşak kauçuktan sert katılara kadar geniş özelliklere sahiptirler. Bu da C-C yapısına bağlanan gruplara göre değişmektedir. Bazı vinil monomer örnekleri aşağıda gösterilmiştir (21).



Şekil 17. Bazı vinil monomer örnekleri (21)

1.4.1.2. Vinil Polimerizasyonunun Karakteristik Özellikleri

Polimerler büyük moleküllerden oluşan maddelerdir. Polimer moleküllerini oluşturmak üzere birbiriyle kimyasal bağlarla bağlanan küçük moleküllere monomer denilmektedir. Monomer birimlerinden başlayarak polimer moleküllerinin elde edilmesine yol açan reaksiyonlara ise polimerizasyon reaksiyonları denir (28).

Vinil monomerler; termal veya fotokimyasal yollarla, radikal üreten katalizörler ya da sodyum kullanılarak polimerleştirilebilirler. Vinil monomerlerin polimerizasyonunu bir radikal mekanizmasıyla kataliz eden en çok bilinen kimyasallar peroksitlerdir. Ayrıca azo bileşikleri, persülfatlar ve disülfürlerde kullanılır. Radikal polimerizasyonlarında reaksiyonlar “*serbest radikal*” denilen ve çiftleşmemiş tek bir elektronu bulunan ara maddeler üzerinde yürümektedir. Benzol Peroksit gibi organik peroksitler ve 2,2’- bisazoizobütironitril gibi azo bileşenlerinde zayıf bağların homolitik olarak kopması sonucunda serbest radikaller oluşur. Başlatıcı olarak kullanılan molekülün parçalanmasıyla oluşan serbest radikaldeki tek elektronla, monomerin çifte bağının elektronları (doymamışlık elektronları) arasındaki reaksiyonun yürütücü kuvveti, spinleri ters olan iki elektronun çiftleşerek kovalent bağ oluşturma eğilimine dayanmaktadır (27, 28).

1.4.2. Ağaç Malzemenin Vinil Monomerlerle Emprenye Edilmesi

Gerek radyasyon gerekse katalizör ısı tekniklerinde odunun emprenyesindeki ilk adım hücre boşluklarındaki havanın boşaltılmasıdır (17, 21). Emprenye silindirine alınan odunun hücresel yapısındaki hava, vakum uygulamasıyla alınmaktadır. Vakum değeri arttıkça hava daha hızlı bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir. 30-70 cm Hg değerinde bir vakum uygulamasının yarım saat sürdürülmesinin yeterli olacağı bildirilmektedir (19,20, 21).

Odun örnekleri monomer çözeltisine tamamen batırılmalı, yüzeyde kalmamalıdır. Radyasyon tekniğinde monomerde katalizör bulunmamalıdır. Odun örnekleri monomer çözeltisiyle tamamen kaplandıktan sonra atmosfer basıncına terk edilmekte veya radyasyon tekniğinde, havası tahliye edilmiş emprenye silindiri içine kuru azot verilmektedir. Bu

aşamada; monomer çözeltisi odun içerisindeki boşlukları doldurmaya başlamaktadır. Burada dikkat edilecek husus oduna yeterli miktarda monomer vermektir. Yani havanın hücre yapısı içersine yeniden girmesinin engellenmesidir. Atmosfer basıncına bırakılan odunun, tabi tutulacağı batırma süresi odunun yapısına bağlı bulunmaktadır. Akçaağaç, kayın gibi kolay emprenye edilen türlerde 30 dakika monomer absorpsiyonu için yeterli olmaktadır (21).

Bütün vinil monomerler; taşınma ve depolanma sırasında erken bir polimerleşme olmasını engellemek amacıyla, inhibitör maddeler (polimerleşmeyi önleyici maddeler) içermektedir. 1,4-benzendiol, 2-4-dimetil-6-tert-bütilfenol gibi bu inhibitör maddeler kullanımdan önce uzaklaştırılmaz ise polimerizasyonun başlaması için, katalizör maddenin veya radyasyon işleminin inhibitörü yok edecek miktarda serbest radikal üretmesi gerekecektir. İnhibitörün tüketilmesi inhibitörün tipine ve miktarına bağlıdır (21). Tipik bir metil metakrilat monomeri 12 - 25 ppm inhibitör içermektedir (20).

Ayrıca odun, içerdiği ekstraktif maddeler nedeniyle doğal inhibitörlere de sahiptir. Monomer, odundaki çözünür fraksiyonları ekstrakte etmekte ve monomerin yeniden kullanımıyla, monomerdeki doğal inhibitör miktarı polimerleşmeyi engelleyecek sınırlara kadar artabilmektedir. Bu nedenle kaynakları değişik iki tür inhibitörün olumsuz etkisini kaldırmak için, her tekrar kullanımda monomer çözeltisine ilave katalizör katılmalıdır (19, 20). Monomerdeki ekstraktif maddeler nedeniyle aşırı bir köpüklenme de meydana gelebilmektedir (19).

1.4.3. Monomerin Odun Bünyesinde Yerleşmesi ve Ağaç Türünün Etkisi

Odun-polimer kompoziti üretiminde uygun ağaç türünün seçilmesinde dikkat edilecek ilk nokta homojen olarak emprenye edilebilirlik olmaktadır (26). Bu yüzden odun-polimer kompoziti üretiminde çoğunlukla yapraklı ağaç türleri kullanılmaktadır. Çünkü İğne yapraklı ağaçların özodunu etkin bir biçimde emprenye edilememektedir. Ayrıca iğne yapraklı ağaçlar daha düşük yoğunluğa sahip olduklarından, daha fazla oranda kimyasal madde gerektirmektedir. Diğer bir nedeni ise üst yüzey işlemlerinde geleneksel olarak yapraklı ağaç türleri kullanılmasıdır (17). Bu amaçla genellikle kızıl ağaç, akçaağaç, ıhlamur,

Amerikan lale ağacı, ceviz, kavak, dişbudak, huş, kiraz ağacı, kayın, sığla ağacı ve bazı çam türleri kullanılmaktadır (17, 29, 30, 31, 32).

Odunun, vinil monomerle empenyesinde monomerin büyük çoğunluğu (% 60 - 70) ilk yarım saatlik sürede absorbe edilmektedir. Örneğin 8×8×20 cm boyutlarındaki akçaağaç numuneleri, 300 ml monomeri 10 dakikadan az bir süre içinde absorplanmaktadır (18, 19). İğne yapraklı ağaçlarda monomerin akışı kenarlı geçitler aracılığıyla traheidler içinde olurken, reçine kanallarından az bir akış söz konusudur. Radyal yönde; özışını traheidleri, akışta ana görevi üstlenmişlerdir. Teğet yönde akış; lifler yönündekinden % 75 daha az olup, akış traheidlerin radyal çeperlerindeki geçitlerden olmaktadır. Traheidler empenye süresince çok küçük kapiler boşluklar gibi davranmaktadır. Geçit zarlarının doğal depozit maddelerle tıkanması ve/veya geçit aspirasyonu nedeniyle bazı traheidlerin monomerle hiç muamele olmadıkları görülmüştür (33, 34)

Yapraklı ağaç odunlarında ise; monomerin akışı traheler arasındaki perforasyon tabloları yardımıyla olmaktadır . Monomer penetrasyonu açısından bir çok yapraklı ağaç odununun (kavak, akçaağaç, huş, kayın) öz ve diri odunları arasında fark bulunmamaktadır. Trahelerdeki tül oluşumu monomer penetrasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir (35).

Vinil monomerlerin çoğu polar değildir; dolayısıyla selüloz zincirindeki hidroksil gruplarıyla herhangi bir etkileşim olsa bile çok düşük seviyededir (21). Elektron mikroskopuyla yapılan çalışmalar, vinil monomerlerin büyük çoğunluğunun hücre lümenlerine yerleştiğini göstermektedir (35, 36). Bununla birlikte; az miktarda bir monomerin, hücre çeperine difüze olabildiği ve hücre çeperi bileşenlerinin arasına moleküler halde dağılabileceği ifade edilebilmektedir (17, 19, 35). Vinil monomerler genel olarak odun yapısındaki kapiler boşluklar, hücre boşlukları ve diğer boşlukları doldurarak odunu basit bir şekilde fakat belli ölçülerde genişletirler (21).

Hücre boşlukları; odundaki rutubet hareketinin en önemli yolu olduklarından (37) polimerle doldurulması odunu özellikle uzun liflerde meydana gelebilecek olan rutubet değişimlerine karşı dayanıklı hale getirir (17). Impreg ve Kompreg gibi hücre çeperine

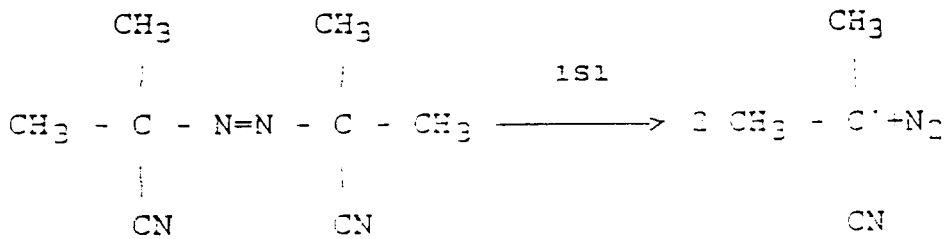
yerleşen odun-polimer kompozitleri; özellikle ekstrem pH'lar, sıcaklıklar ve rutubette veya çürütücü organizmalarla karşılaşabilecek ortamlarda kullanılır (17).

Emprenye işleminden sonra, ağaç malzemenin odun-polimer kompoziti haline dönüşmesi için bünyesindeki monomerin polimerleştirilmesi gerektirmektedir. Katalizör ısı tekniği ve radyasyon tekniği bu amaca yönelik olarak geliştirilmiş iki ana yöntemdir

1.4.4. Katalizör Isı Tekniği İle Polimerleştirme

Vinil monomerle emprenye edilen ağaç malzemenin odun-polimer kompoziti haline dönüştürülmesi için bünyesindeki monomerin yerinde polimerleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, monomer çözeltisi içinde yer alan ve belli sıcaklıklarda parçalanarak polimerleşmeyi sağlayıcı serbest radikaller üreten, katalizör maddeler kullanılmaktadır (18).

Katalizör madde olarak; genellikle azo bileşikleri ve peroksitler kullanılmaktadır (19). Azo bileşikleri diğer peroksitlere nazaran tercih edilmektedir. Düşük sıcaklıklarda parçalanma özelliğinde olmaları, okside olmayan yapıları ve monomer içindeki boyar maddeleri ağartmamaları azo bileşiklerinin avantajlı yönleridir (19, 21). Azo bileşiklerinin en çok bilineni "Vazo" ticari adıyla bilinen 2, 2' - azobisisobütironitrildir (Şekil 18).

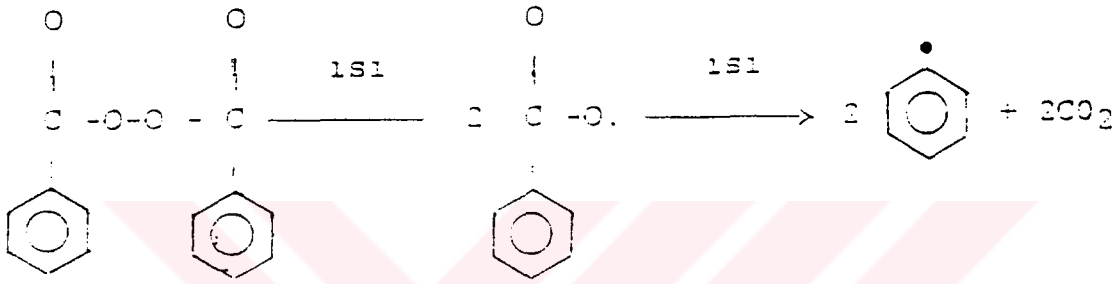


Şekil 18. 2,2'-azobisisobütironitril bileşiği ve ısı etkisiyle serbest radikal oluşturması (25).

Sıcaklıktaki artışa bağlı olarak vazo katalizörünün hızlı parçalanması, odunda vinil polimerizasyonu açısından bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Reaksiyonu başlatmak

için 60 °C'lik ortalama sıcaklık yeterli olabilmekte ve vazo'nun yarılanma zamanı yirmi yıl civarında olduğundan katalizörlenmiş monomer uzunca bir süre depolanabilmektedir (19, 21).

Diğer önemli bir katalizör peroksitlerdir (Şekil 19). Genellikle vazo için % 0.25 - 0.75 benzol peroksit için ise % 0.25 - 2'lik konsantrasyonlar kullanılmaktadır. Yüksek konsantrasyon kısa polimer zincirleri ve düşük polimer özelliklerinin yanı sıra monomerin polimere dönüşme oranını da azaltmaktadır (38, 39).



Şekil 19. Benzol peroksit bileşiği ve ısı etkisiyle serbest radikal oluşması

1.4.5. Radyasyon Tekniği İle Polimerleştirme

Radyasyon tekniği ile polimerleştirme, odun-polimer kompoziti üretiminde özellikle 1960'lı yıllarda yoğun biçimde araştırılmış ve uygulanmıştır. Yöntem monomer çözeltisinde gamma radyasyonu kullanılarak serbest radikaller üretmek esasına dayanmaktadır. Gamma radyasyonu kaynağı olarak Kobalt mineralinin bir radyoizotopu olan Kobalt-60 kullanılmaktadır (21).

Etilen, stiren, metil metakrilat ve vinil asetat gibi doymamış monomerler gamma ışını radyasyonuna maruz bırakılırsa, belli bir mekanizmayla üretilen serbest radikaller, polimerizasyon reaksiyonu için bir başlatıcı görevi yaparlar (19, 40).

Odundan gamma ışını geçirildiğinde, ortamda doymamış bir vinil monomer bulunması halinde, selüloz ve lignin molekülleri üzerinde üretilen serbest radikaller

polimerleşmeyi başlatacaktır. Ancak odundaki serbest radikaller yeniden birleşebilmekte ve önemli oranda bir çapraz bağlanmaya neden olabilmekte veya selüloz ve lignin zincirlerini kırarak odunu deşredasyona uğratabilmektedir (40). Gamma radyasyonu tekniği katalizör madde gerektirmediğinden odun-polimer kompozitlerinde istenmeyen ürünler oluşmamaktadır. Ayrıca katalizör madde ihtiva etmeyen monomerin soğukta depolanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Radyasyon oda sıcaklığında yapılmaktadır, üretilen serbest radikal oranı sabittir ve sıcaklıkla değişmektedir (19).

Diğer yandan, radyasyon tekniği kullanımı günümüzde bir dizi resmi izinleri gerekli kılmakta ve çevre sorunları açısından tepki çekmektedir. Radyoaktif maddelerle çalışabilecek, eğitilmiş özel personel istihdam etmek mutlak gerekmektedir. En azından 500.000-1.000.000 küri kapasiteli bir Kobalt 60 kaynağı gerekmekte ve bu da yüklü bir yatırım (her birim küri için 1-2 dolar) gerekmektedir (19, 21, 40).

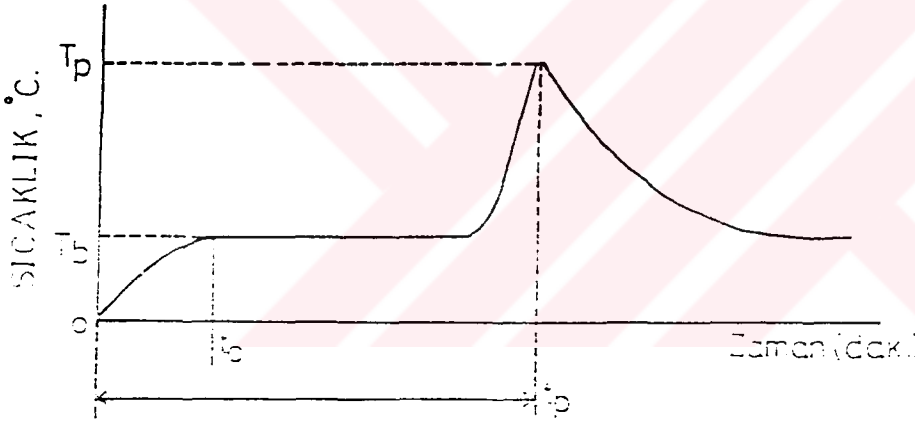
1.4.6. Çapraz Bağlayıcı (Cross Linker) Kimyasal Maddeler

Çapraz bağlayıcı kimyasal maddeler, monomer çözeltisine reaksiyon oranını arttırmak ve odun-polimer kompozitlerinin fiziksel özelliklerini iyileştirmek üzere katılmaktadır (38). Trimetil propan triakrilat, trimetil propan trimetakrilat, etilen glikol dimetakrilat, trietilen glikol dimetakrilat, polietilen glikol dimetakrilat ve divinil benzen bilinen belli başlı çapraz bağlayıcı kimyasal maddelerdir.

Doymamış bir polimer zincirinin, divinil monomerlerle polimerizasyonu sonucu oluşan enine çapraz bağlanma üç aşama halinde ele alınmaktadır. Birinci aşama, düşük bir dönüşüm derecesi ile lineer bir kopolimerizasyon reaksiyonuna eşdeğer olmaktadır. İkinci aşama, üç boyutlu jel yapısının oluşumuyla karakterize edilmektedir. Ayrıca bu aşama viskozitenin artmasından dolayı sonlanmada difüzyon kontrolü sonucunu veren reaksiyon oranında bir artış ile de kendini karakterize etmektedir. Üçüncü aşamada, jel yapısı artan bir şekilde yoğun hale gelirken büyüme ve transfer difüzyon kontrollü olmaktadır (21, 39). Ayrıca çapraz bağlayıcı, ekzotermik sıcaklığa ulaşma hızını azaltmakta ve ekzotermik sıcaklık sınırını arttırmaktadır (39).

1.4.7. Polimer Reaksiyonun Genel Karakteristikleri

Vinil monomerlerin polimerizasyonu, ekzotermik bir reaksiyondur. Açığa çıkan ısı miktarı 75.3 kJoule/mol olmaktadır. Hem katalizör ısı tekniğinde hemde radyasyon tekniğinde açığa çıkarılan ısı, tüm monomerler için aynıdır. Isı oranı başlangıçta üretilen serbest radikal ve büyüyen zincir oranlarıyla kontrol edilmektedir. Katalizör ısı tekniği kullanılması halinde, polimerizasyonun başlaması için, odun-monomer yapısına ısı verilmelidir. Ancak, ekzotermik reaksiyon başlayınca ısı akışı tersine dönmektedir. Odun-monomer-polimer kompozitinin sıcaklığı hızla artmaktadır. Bunun nedeni; odunun dışına olan ısı geçişinin açığa çıkan ısı oranından daha yavaş olmasıdır (21). Ekzotermik reaksiyonun ideal zaman sıcaklık eğrisi Şekil 20'de görülmektedir. Özellikle katalizör olarak peroksitlerin kullanıldığı durumda geçerli olan bu eğri dört evreden meydana gelmektedir.



Şekil 20. Ekzotermik reaksiyonun ideal zaman-sıcaklık eğrisi (21).

Birinci evrede; (t_0) zamanına kadar geçen süre odun-monomer kütlelerinin etüv sıcaklığına (T_b) ulaşması için geçen süredir. Bu evrenin uzunluğu; odun-monomer kompozitinin spesifik ısı, termal iletkenliği, kütlesi ve ısı transferinin etkinliğine bağlıdır. İkinci evrede; indüksiyon periyodu olup sıcaklık zaman içerisinde küçük değişiklikler göstermektedir. Bu evre boyunca, inhibitör maddeler serbest radikaller tarafından tüketilir. İndüksiyon evresinin uzunluğu, inhibitör konsantrasyonu ve ters orantılı olarak katalizör konsantrasyonuna yani serbest radikal üretim oranına bağlıdır. Ekzotermik evre üçüncü evreyi oluşturmaktadır. Bu evrede sıcaklık etüv sıcaklığı olan T_b 'den ekzotermik pik olarak

adlandırılan T_p 'ye yükselmektedir. Pik sıcaklığı, monomer kütlesinin ve kompozitinin dışına difüze olan polimerizasyon ısısının bir fonksiyonudur. Dik eğri, genişleme polimerizasyonunun karakteristiğidir. Son evre soğuma evresidir ve pik sıcaklığından etüv sıcaklığına doğru azalma söz konusudur (19, 39)

Polimerleşme sırasında, monomerle muamele edilmiş ağaç malzemenin yüzey kısımlarında buharlaşma yoluyla bir monomer kaybı söz konusudur. Bunu önlemek için ağaç malzemeyi sızdırmaz bir konteyner içinde veya alüminyum folyeye sararak polimerleştirmek gerekmektedir. Diğer yandan monomer kaybını azaltmak üzere, monomer çözeltisine bir miktar polimer veya düşük molekül ağırlıklı polyesterler katmak veya daha düşük ekzoterm sıcaklıkları kullanmak çözüm olarak düşünülebilir (38).

1.4.8. Odun Polimer Kompozitlerinin Teknolojik Özellikleri

1.4.8.1. Fiziksel Özellikler

Normal olarak odun polimer kompozitleri; odun boşluklarında polimer içerdiklerinden, belli bir sürede alınan su miktarını azaltma oranını ifade eden su itici etkinlik (SİE) bakımından yüksek değer vermektedir. Bununla birlikte % 10-15 arasında sağlanan boyutsal kararlılık, odun-polimer kompozitlerinde bir miktar polimerin hücre çeperine nüfuz ettiğini göstermektedir (9, 19). Vinil monomerler, polar olmadıklarından hücre çeperi bileşenlerinin hidroksil gruplarıyla çok az etkileşime girmekte ve çoğunlukla odundaki hücrel ve kapiler boşlukları doldurarak etkili olmaktadır (23). Radyasyon tekniğinde, gamma ışını dozunun düşük tutulmasıyla higroskopisitede meydana gelen azalmanın hemiselüloz veya selüloz gruplarının çapraz bağlanmasıyla olabileceği ifade edilmektedir (41). Değişik monomerler ve polimerleştirme teknikleri kullanılarak üretilen odun-polimer kompozitlerinde elde edilen su iticilik (SİE) değerleri Tablo 1'de sunulmaktadır. (38, 42, 43, 44).

Odun boşluklarının polimerle dolması odun-polimer kompozitlerinin kapiler boşluklarına olan su buharı difüzyonu oranını azaltmaktadır. Bu durum odun-polimer kompozitlerinin denge rutubet değerinin normalden daha az seviyede seyretmesine neden

olmaktadır (19). MMA-odun kompozitinin difüzyon katsayısındaki azalış normal oduna göre % 36-73 arasında olabilmektedir (45). Diğer taraftan odun-polimer kompozitlerinin geçirgenliği de ağaç türüne göre, diri odunda 2884-213 kat öz odunda 1896-19 kat azalmaktadır (19).

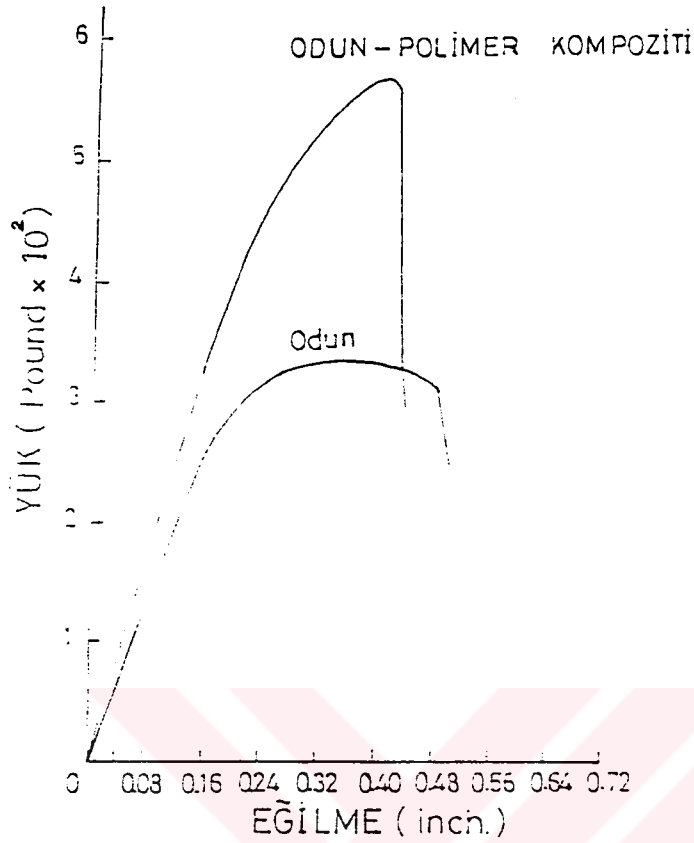
Tablo 1. Çeşitli odun-polimer kompozitlerinde su itici etkinlik değerleri

Monomer tipi	Yöntem	SİE (%)
Metil metakrilat	Katalizör-ısı	40-80
Stiren/Etanol	Katalizör-ısı	34
Stiren/Akrilonitril	Katalizör-ısı	50-60
Stiren/Dimetilsülfoksit	Radyasyon	84
Stiren/Aseton	Radyasyon	70
Tri-n-bütikalay oksit	Graft	50-80
Dimetiloldihidroksi Etilentre	Katalizör-ısı	25-30

1.4.8.2. Mekanik Direnç Özellikleri

1.4.8.2.1. Statik Eğilme Direnci

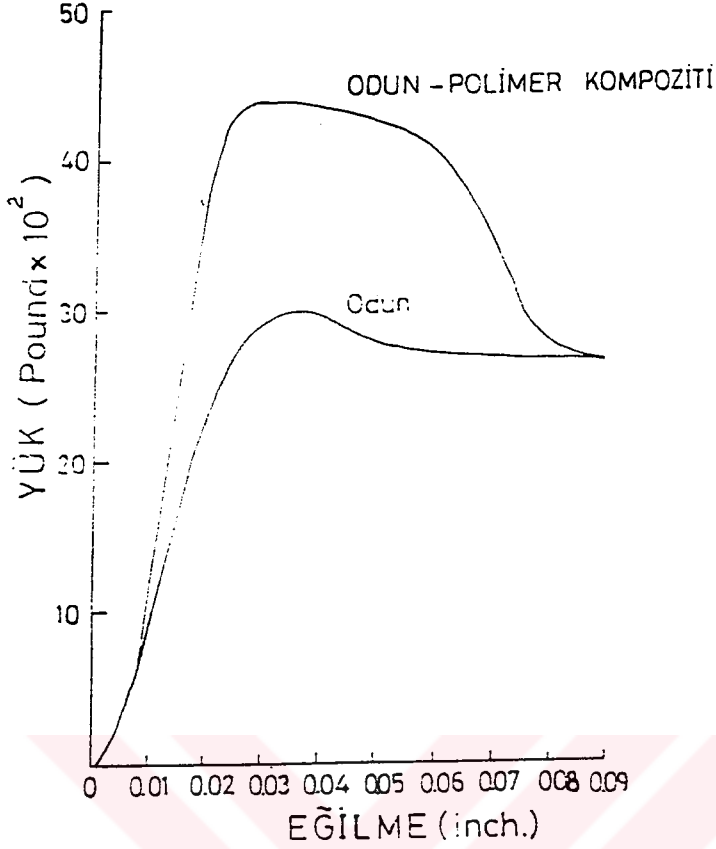
Odun-polimer kompozitlerinin statik eğilme direnci, ağaç türüne ve polimer yüküne bağlı olarak, yüksek oranlarda iyileştirilmektedir. Maksimum yük ve bu yükteki gerilme değerleri yaklaşık % 80 oranında arttırılmaktadır. Odun boşluklarındaki polimerin varlığı, ince hücre çeperlerini desteklemektedir. Bunun sonucunda odun liflerinin burkulma gerilmeleri bertaraf edilmektedir. Böylece normal odun örnekleri, eğilmeye zorlandığında çekme ve basınç gerilmelerine de maruz kalırken, odun-polimer kompoziti basınç gerilmelerinden etkilenmemektedir (46, 47). Odun-polimer kompozitlerinin karakteristik yük-eğilme eğrisi Şekil 21'de verilmiştir (18).



Şekil 21. Odun-polimer kompozitlerinin statik eğilme deneyindeki tipik yük-eğilme eğrisi

1.4.8.2.2. Liflere Paralel Basınç Direnci

Polimerler ile muamele edilmemiş odunda, basınç direnci denemelerinde uzun dikmelerin stabil olmaması nedeniyle, ince hücre çerçevesinin burkulmalara maruz kalması sonucu kırılmalar oluşmaktadır. Hücre çerçevesini kaplayan polimer tabakası ise onları kalınlaştırarak yanal stabilitelerini arttırmakta, dolayısıyla odun-polimer kompozitlerinin basınç direnci değerleri yükselmektedir (47). Basınç direnci denemelerindeki kırılmalarda hüresel yapıda çökmeler birbirine ve yana doğru kaymalar oluşturmaktadır. Bu kayma düzleminin lif yönü eksenine 45 ° açı yaptığı belirtilmektedir. Odun-polimer kompozitlerinin söz konusu kayma düzlemi muamele edilmemiş oduna oranla 2-3 kat daha fazladır (48). Odun-polimer kompozitlerin basınç direncindeki yük-eğilme eğrisi şekilde görülmektedir (19).



Şekil 22. Odun-polimer kompozitlerinin liflere paralel basınç direncindeki tipik yük-eğilme eğrisi

1.4.8.2.3. Çekme Direnci

Odun-polimer kompozitlerinin çekme direncinde meydana gelen artış, genellikle basınç direncindeki artıştan daha düşük olmaktadır. Bunun nedeni, polimerin hücre çeperindeki selülozun mikrofibril yapısındaki sargılanmayı kısıtlaması olarak ifade edilmektedir (48).

1.4.8.2.4. Makaslama Direnci

Odun-polimer kompozitlerinin radyal ve teğet yöndeki makaslama direnci, yüklenen polimer miktarına bağlı olarak artmaktadır. Deney sırasında meydana gelen kaymalar odun-polimer kompozitlerinde daha az olmaktadır. Loos ve Kent Amerikan Lale ağacı (*Liliodendron tulipifera L.*) odununda Metil metakrilat kullanılarak ürettikleri odun-polimer

kompozitlerinde (% 100 polimer yükü) makaslama direnci değerlerini, radyal yönde 152 kg/cm², teğet yönde 127 kg/cm² olarak bulunmuşlardır. Radyal yöndeki artış % 60, teğet yöndeki artış ise % 65 olmuştur (49).

1.4.8.2.5. Elastik Özellikler

Odun-polimer kompozitlerinin statik eğilme, liflere paralel basınç ve çekme dirençlerine ait elastiklik modüllerindeki iyileşme oranı, bu dirençlerdeki artış oranlarından daha az olmaktadır. Yüksek elastiklik özelliğine sahip liflerin, bir yönde uzandığı ve düşük elastiklik özelliğine sahip polimerlerin, boşlukları doldurduğu bir kompozit malzeme (OPK) için bu sonuç beklenen bir niteliği yansıtmaktadır. Çünkü elastiklik bölgesindeki yüklerde hücre boşlukları fazlaca deforme olmamaktadır. Bu boşluklara dolan polimere de az miktarda bir yük transfer edildiğinden sonuç olarak odun-polimer kompozitlerinin elastiklik modülü büyük ölçüde değişmemektedir (46).

1.4.8.2.6. Dinamik Direnç Özellikleri

Polimer ilavesi; odunun dinamik direnç özelliği olarak bilinen şok direncini arttırmaktadır. Bunun nedenlerinden biri, için polimerin yükü paylaşmasından dolayı odun-polimer kompozitlerini kırılma öncesinde bükmek daha fazla enerjiye gereksinim duyulmasıdır. Diğer nedeni; de odun-polimer kompozitlerinin, lifler yönünde daha uzun yarıklarla kırılması ve bu yüzden muamele edilmemiş oduna oranla daha büyük bir kırılma yüzeyine sahip olmasıdır. Odun-polimer kompozitlerinde, polimerle odun arasında lifler yönü boyunca bir çok ortak yüzey oluşturmaktadır. Bu durum; polimer zonunda kısa bir uzunluğa ulaşabilecek çatlakın, bir başka çatlakla etkileşimi sonucunda absorplanan enerji miktarının artmasına yol açmaktadır (48, 50). Deney sırasında, polimerdeki çatlaklar hücre lümeni içinde oluşurken, kompozitin odun kısmındaki çatlaklar ise hücre çeperinin S₁, S₂ ve S₃ tabakaları içinde meydana gelmektedir (48).

1.4.8.3. Sertlik ve Aşınma Direnci

1.4.8.3.1. Sertlik

Odun-polimer kompozitlerinin sertlik değeri, polimerin yapısı ve miktarına, polimerizasyon ve enine çapraz bağlanma derecesine ve polimerin odun boşlukları ve hücre çeperinde dağılmasına bağlı olarak büyük değişkenlik gösterebilmektedir (51). Genel olarak, polimer miktarı arttıkça sertlikte onunla doğru orantılı olarak artmaktadır. Diri odun öz oduna oranla daha çok polimer ihtiva ettiğinden sertliği de daha fazla olmaktadır (31). Polimerle yüklenen odundaki sertlik değeri artışı bazen % 1500'e kadar ulaşmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri iyi bir çapraz bağlanma etkisi olmaktadır (46).

Katalizör-ısı tekniğinde elde edilen sertlik değeri, radyasyon tekniğine kıyasla biraz daha düşük bulunmaktadır. Bunun nedeni; alınan tüm önlemlere rağmen, polimerleşme sırasında sıcaklık etkisiyle oluşan monomer kaybıdır. Yüzeylerden meydana gelen monomer evaporasyonu bir yüzey özelliği olan sertliği etkilemektedir. Radyasyon tekniği ile üretilen odun-polimer kompozitlerinin radyal yöndeki sertlik değeri, katalizör ısı tekniğiyle üretilmiş odun-polimer kompozitlerinden % 25 daha fazladır. Teğet yöndeki fazlalık ise; % 13.5 civarındadır.

1.4.8.3.2. Aşınma Direnci

Odun-polimer kompozitlerinin aşınma direnci, MMA ve ST gibi vinil monomerler kullanıldığında oldukça artmaktadır. Polimer miktarıyla aşınma direnci arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur (51). Yükselen aşınma direnci, sertlikle birlikte odun-polimer kompozitlerinin kullanım yeri seçeneklerini belirleyen özelliklerden birisidir.

1.5. Ağaç Malzemenin Yanma Özelliği

İnsanoğlunun ateşi keşfetmesinden bu yana, odunun ısı etkisiyle bozunduğu bilinmektedir. Isıl bozunma, ısı ve ışık sağlandığı için geçmişte olumlu bir işlem olarak

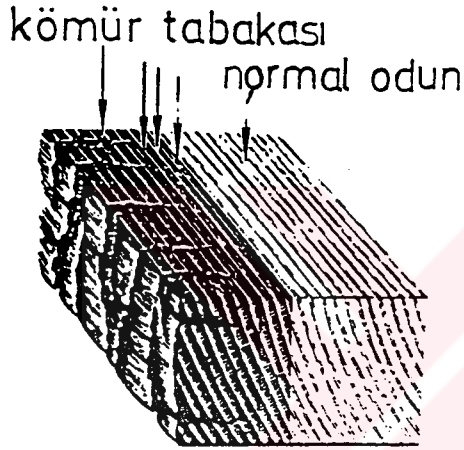
görülmüştür. Günümüzde odunu; ısı ve ışık kaynağı olarak zorunlu veya zevk için (şömine ve kamp ateşi gibi) kullananlar bulunmaktadır. Yakın bir geçmişe kadar, piroliz yoluyla odunun kontrollü ısıl degradasyonu ve destilasyonu çeşitli kimyasal maddelerin üretim yöntemi olurken, odunun karbonlaştırılarak odun kömürüne dönüştürülmesi yoluyla da yakıt elde edilmiştir.

Her ne kadar Odunun önemli dezavantajlarından biri tutuşabilme özelliği ise de, yanma; ancak yanabilen bir materyalin oksijen varlığında yeterli bir sıcaklık etkisinde bırakılması ile gerçekleşir. Oksijen, sıcaklık ve yanabilir madde üçlüsünün birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz. Bir yapıda; yapıyı oluşturan materyallerin yangına dayanıklı olmaları, kaza ile çıkmış bir yangını yeterli bir süre izole ederek içerdeki canlıların dışarıya çıkmalarına, itfaiyenin yetişerek daha ileri zararları önlemesine imkan vermeleri gerekir. Ahşaptan üretilmiş bir yapının yanma direnci, ahşabın yanmasını önleyici işlemler uygulanarak arttırılabilir. Bu işlemler; yangında yapıların büyük kısımlarında alev yayılmasının önlenmesi için de gereklidir (52, 53).

Ağaç malzemenin yanabilen bir materyal olduğu bilinmektedir. Yanlış algılanan bir düşünceyle, ağaç malzeme yerine konstrüksiyonlarda yanıcı olmayan materyallerin kullanılması durumunda yangın emniyetinin sağlanacağı düşünülmektedir. Gerçekte, bilinen en yanmaz yapısal materyal olan ağır beton bloklardır. Aynı mükemmellikte bir yangın performansı diğer materyallerle sağlanamamaktadır. Bir yangında genellikle konstrüksiyonun yangına katkısı yapı içindeki eşyalarla ve yapısal materyallere oranla gerek boyut, gerekse yer açısından oransal olarak düşüktür. Tümüyle ahşap iskeletli yapılarda bile klasik yapılardakinden sadece 1/3 oranında daha fazla ahşap kullanılmaktadır. Bu yüzden süs eşyası ve diğer ev eşyalarından kaynaklanan yangınlarda, yapısal materyallerin yangına direnebilme özelliklerine oranla ahşabın yanabilirliği sınırlı öneme sahiptir (52).

Odunun; yanabilirliği yanında, yanma hız ve derecesi özel öneme sahiptir. Yanma oksijen yokluğunda gerçekleşmez, bu yüzden geniş enine kesitli ahşap malzemedde yüzeyde yavaş yavaş bir yanma olduktan sonra kömürleşme başlar. Sıcaklık yükseldiğinde, odundan yüzeyde tutuşarak yanan uçucu bileşikler çıkar. Sıcaklık daha da arttığında yüzeyde kömürleşme başlar (Şekil 23). Gerçekte odunun ısıl iletkenliği çok düşük olup (0.09-0.28

Kcal/mh °C), çeliğin %0.4'ü, bakırın ise % 0.05'i kadardır. Bu değer izolasyon materyalleri olan mantar, alçı plaster (sıvı veya şerit kaplama) ve diğer izolasyon maddeleriyle aynı kategoriye girmektedir. Odunun doğal ısı izolasyon özellikleri, yanma sırasında yüzeydeki sıcaklığın iç kısımlara iletilmesini sınırlamakta ve bu özelliği sıcaklıkla birlikte odun rutubetinin azaltılması ve kömürleşmenin ilerlemesiyle artmaktadır. Odun kömürü dahi odunun 1/2 - 1/3'ü kadar ısıyı ancak ileten iyi bir ısı yalıtkanıdır. Bu nedenle yanma artığı kömürler, duvarlarda ısı izolasyon maddesi olarak başarıyla kullanılmaktadır. Sonuçta, ahşap yüzeyinden iç kısımlara iletilen ısı, uçucu bileşiklerin salınması için yetmez hale geldiğinde yüzeydeki tutuşma da durmaktadır.



Şekil 23. Ağaç Malzemede Yanmayla Meydana Gelen Kömürleşme (54)

Ahşapta kömürleşme derecesi, boyutlarındaki azalma olarak değerlendirilirken, ahşabın bir taraftan diğer tarafına doğru yanma hızı ağırlık kaybı olarak dikkate alınmaktadır. Büyük yapısal elemanlarda kömürleşme derecesi, boyutların taşıdığı yüke destek olması nedeniyle önem taşımaktadır. Kömürleşme derecesi, detaylı dizayn yanında, daha da önemlisi odunun ısıl iletkenliği ve yoğunluğu gibi, tasarımda göz önüne alınması gereken iki faktöre bağlıdır. Örneğin kapı ve pencerelerin kenarlarında; yangın geçişine yardımcı olacak herhangi bir açıklık veya yangının bir taraftan diğer tarafa kolayca geçebileceği ince kesitler bırakılmamalıdır. Yanabilirliğine rağmen odun, çoğu emprenye maddelerinden etkilenmeyen düşük ısı iletkenliği sayesinde mükemmel bir yanma direncine sahiptir (52, 53).

Odun normalde 200 °C'nin altındaki sıcaklıklarda tutuşmaz ve odun bileşenlerinin bozunması yavaştır. Odun oda sıcaklığının üstündeki derecelere kadar ısıtıldığında, higroskopik odun bileşenlerinden çıkan suyun absorplanması sonucu ilk etki endotermiktir. Bu endotermik etki, suyun kaynama derecesinin oldukça üzerindeki bir sıcaklık derecesi olan 200 °C'yi geçince de devam eder. Çünkü suyun bir kısmı bağlı su olup bir kısmı da karbonhidratların bozunmasıyla oluşmaktadır. Odunun direnç özelliklerinin, 100 °C'nin altındaki sıcaklık derecelerine doğru kurutmaya artış gösterdiği bildirilmekte ise de (55), sıcaklığın mekanik özellikler üzerine etkisinin geçici olduğu ve sıcaklığın normale dönmesiyle direnç değerinin de eski haline dönüşebilir reversible (tersinir) olduğu bildirilmektedir (52). Ancak uzun süre bu sıcaklıkların etkisinde bırakılan ağaç malzeme direnç özelliklerinde azalmalar meydana gelmektedir (55).

Odunda tutuşma noktası genellikle 270 °C civarında olup, bu noktada artık ortamdaki ısı, ısı kaynağından gelmekte olan ısıdan daha yüksek ve görünebilir durumdadır. Alev ve kızılılıkta yanma kendi kendine yetecek durumdadır. Odunun iç kısımlarında %15'in üzerinde rutubet bulunuyorsa yüzeysel olarak tutuşma genellikle olmaz. Odunun tutuşması için bir alev kaynağı gerekir ya da çok yüksek sıcaklıklarda kendiliğinden tutuşma gerçekleşir. Büyük ağaç malzeme bloklarının tutuşması kolay değildir. Ancak küçük parçalar ısıyı daha çabuk iletceklerinden tutuşma sıcaklığına daha erken ulaşırlar (52, 53).

Bir ağaç malzemenin yüzeyinde bir uçtan diğer bir uca alevin yayılması gerçekte bir seri tutuşma olayıdır. Bu olayda yanan kısım bitişiğindeki yanmayan kısım için bir tutuşma başlatıcısı durumdadır. Böylece, alev yayılma (flame spread); normal tutuşmada rutubet içeriğinden etkilenen bir olaydır. Ancak bu olay aynı zamanda odunun yoğunluğu ve kimyasal bileşimiyle de ilişkilidir. Yangın önleyici kimyasal maddeler (FR: fire retardant) ile emprenye, tutuşmayı geciktirmekte önemli başarılar sağlayıp alev yayılmasını da engellemektedir. Aslında, ağaç malzemenin bir yapı materyali olarak kullanılmasında, alev yayılmasıyla bir yangının genişlemesi olayı öncelikli ele alınması gereken bir kriterdir. Ancak nispeten ucuz ve kolay bazı uygulamalarla bu özellik değiştirilebilmektedir. (52, 53).

1.5.1. Yangın Esnasında Ağaç Malzeme ve Diğer Yapısal Elemanlarda Meydana Gelen Değişimlerin Karşılaştırılması

Odunun yanabilir olmasına karşın, diğer yapı materyallerine oranla yangına katkısının minimum düzeyde olduğu ve yangının ilk aşamalarında da olsa mükemmel direnç özellikleri gösterdiği bilinmektedir. Yangın esnasında ağaç malzeme yüksek direnç gösterirken, direncinde hızlı bir azalma gözlenmemektedir. Karşılaştırma yapılırsa; çelik ancak ergime noktasına ulaştığında aniden çökerken, özellikle çelik kısımları çevreleyen ve demir aksamı içine alan beton, meydana gelen gerilim farkından dolayı çatlamakta veya parçalanmaktadır. Beton içindeki demir çubuklar erime noktasına ulaştıklarında yüksek bir gerilim etkisi altında kaldıklarından yapının tümünün çökmesi önlense bile büyük ölçüde tahrip olmasına engel olunamamaktadır. Hatta yangının demir ve çelik aksam ergime noktasına ulaşmadan söndürülmesine rağmen, meydana gelen gerilmeler nedeniyle deformasyonların ve ayrılımların bir süre daha devam ettiği bildirilmektedir. (52, 53).

Ağaç malzeme konstrüksiyonlarda yapı malzemesi olarak yeterli kalınlıkta masif halde kullanılması durumunda, yüksek sıcaklık dereceleri ve yangına karşı yüksek karşı koyma direnci göstermekte, yüzeyi kömürleştiği halde iç kısımları sağlam kalmakta, taşıma gücünü uzunca süre önemli miktarda korunduğundan söndürme, can ve mal kurtarma faaliyetlerine zaman kazandırmaktadır. Taş ve tuğla gibi yapı materyalleri ise, yüksek sıcaklık derecelerinin etkisi altında ve özellikle yangında kızgın halde üzerine su püskürtüldüğünde çatlamakta ve direncini kaybetmektedir.

1.5.2. Tutuşma, Alevlenme ve Yanmaya Karşı Kullanılan Emprenye Maddeleri (FR) (Fire Retardants)

Odunda yanma direnci; odun cinsi, yoğunluğu ve kömürleşme derecesi gibi özelliklerine bağlı olarak değişmekte ve yapılan muamelelerle kömürleşme derecesi arttırılmaya çalışılmaktadır. Yanmayı önleyici kimyasal maddelerin alev yayılma derecesi üzerinde de önemli etkileri bulunmaktadır. Etkili bir kimyasal madde farklı bir çok yönde etkide bulunur. Yanabilir bir yüzey yangınla karşı karşıya geldiğinde, koruyucu muamele alevlenmeyi ve tercihen tahrip derecesini ve kor halinde yanmayı önlemelidir. Tutuşmayı

azaltmalı ve alev kaynağı yokluğunda ya da söndürme sonrası yanmayı önlemelidir. Eğer bu koşulları başarıyla yerine getirirse, ayrıca ucuz, temini ve uygulaması kolay, etkisini uzun süre devam ettiren ve korozyon, üst yüzey işlemlerini bozma, direnç azalması, çevrede zehirli etki oluşturma gibi olumsuz yan etkilerinin de olmaması istenir (52, 53).

Günümüzde iki temel yanma önleyici sistem kullanılmaktadır. Intumescent (köpük tabakası oluşturan, şişme ve genişleme yoluyla ağaç malzemeyle alev temasını önleyen yanmaz maddeler) yüzey örtücüler. Bu tip örtücüler yüksek sıcaklıkla karşı karşıya geldiklerinde bir izolasyon tabakası içerisine genişleyerek odunu izole eden ve ısı iletimini sınırlayan maddelerdir.

Diğer sistem ise; köpük tabakası oluşturmayan (non-intumescent) örtücülerdir. Bunlar, alevlenmeyi önlemek için ağır izolasyon maddelerini içermekte ve sıcaklık etkisi ile yanma önleyici gaz yayarak etkide bulunmaktadır.

Yüzeje uygulanan bu örtücü sistemlere alternatif olarak, yanmayı önleyici kimyasal maddelerin empenye ile ağaç malzemeye verilmesi işlemleri yaygın halde uygulanmaktadır. Etki biçimi bakımından bu empenye işlemleri ile arttırılmaya çalışılan yanmaya karşı direnç, örtücü sistemlere benzemektedir.

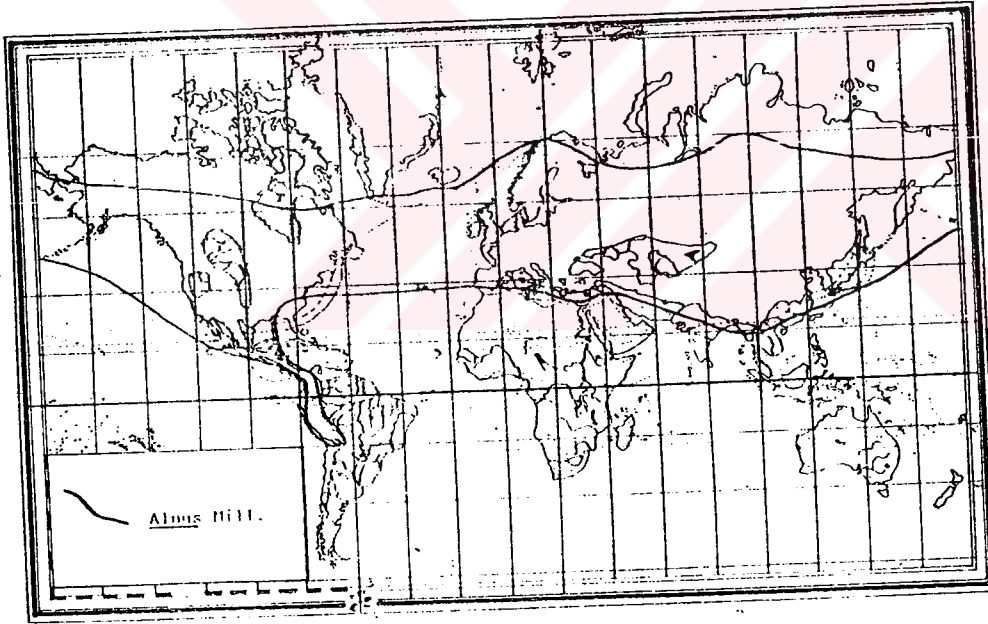
Odunun bu kimyasal maddeler ile empenye edilmesinde genellikle klasik dolu hücre veya vakum/basınç yöntemi uygulanmaktadır. Amonyum fosfatlar, amonyum borat, borik asit ve çinko klorür gibi inorganik tuzların sulu çözeltileri en yaygın kullanılan kimyasal maddelerdir. Bu tuzların tümü suda çözünen tuzlar olduğundan açık havada rutubet etkisiyle ve yağmurla yıkanabilmektedirler. Dış mekanda kullanılan ahşap kısımlarda yanmayı önleyicilerin uygulamasının ardından empenye tuzlarının yıkanması yüzey işlemleriyle belirli ölçülerde önlenabilir. Ancak, kimyasal maddeler genellikle higroskopik olduklarından zamanla normal oduna oranla daha çabuk rutubet çekme ve ıslanma eğilimleri nedeniyle yüzeydeki üst yüzey film tabakası hızla bozundurulmaktadır. Son zamanlarda ağaç malzeme de higroskopik olmayan bir yapının sağlanması amacıyla polimer sistemleri geliştirilmiş ve ağaç malzeme içindeki rutubet akışı % 40-95 oranında azaltılabilmektedir (56, 57).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Kızılağacın Dünyada ve Türkiye’de Yayılışı

Kızılağacın çok geniş bir coğrafi yayılışı vardır. Tüm Avrupa, Kuzey Afrika, Kafkasya, Türkiye, İran , Sibiryaya ve Japonya’da yayılış göstermektedir (58). Bu cinsin, Kuzey Yarımkürenin ılıman ve serin bölgelerinde yayılmış olan 30 kadar türü vardır. Kızılağaç genel olarak serin ve nemli yerlerin ağacıdır (59).



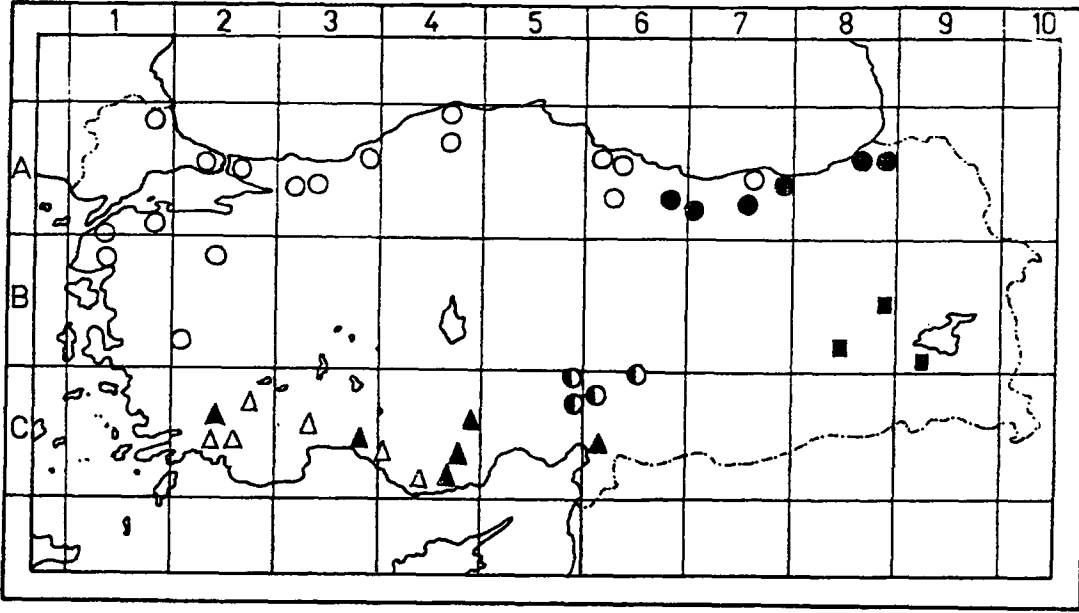
Şekil 24. Kızılağaç türlerinin dünyadaki yayılışı (60).

Türkiye Kızılağaçları, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.’in dört alt türü ve *Alnus orientalis*’in iki varyetesi olmak üzere iki türde toplanan altı taksondan oluşmaktadır (59, 60, 61). Bunlar;

1. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
- 1.1. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *glutinosa* (Adi Kızılağaç)
- 1.2. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt. (Sakallı Kızılağaç)
- 1.3. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *antitaurica* Yalt. (Toros Kızılağacı)
- 1.4. *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *betuloides* Anşin
2. *Alnus orientalis* Decne. (Doğu Kızılağacı)
- 2.1. *Alnus orientalis* Decne. var. *pupescens* Dippel
- 2.2. *Alnus orientalis* Decne. var. *orientalis*

Alnus glutinosa (L.) Gaertn. subsp. *glutinosa*, Trakya, Marmara çevresi, Batı Karadeniz ve kısmen de Doğu Karadeniz Bölgeleri ile Muş (Hasköy, Pirtiken Deresi), Bitlis (Hizan), Maraş (Andırın, Çuhadarlı) gibi Doğu ve Güney Doğu Anadolu'da; *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *antitaurica* Yalt., bu takson Adana: Kozan-Feke arasında Karataş, Çaydöner yakınında, Hatay-Osmaniye, Yarpuz'da, Maraş Göksun'un 5 km güneyinde 300-1600 m yükseltiler arasında, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *betuloides* Anşin, Doğu Anadolu'da Erzurum, Bingöl, Bitlis illerinde; *Alnus orientalis* Decne, Doğu Akdeniz Bölgesinde yayılış göstermektedir (59, 61).

Araştırmamızın konusu olan *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış göstermektedir. Ordu, Giresun, Gümüşhane, Trabzon, Rize, Artvin illeri dahilinde kalan yapraklı ormanlar ile saf ladin ormanlarında, rutubetli yamaçlar, vadi tabanları ve dere kenarlarında yetişmektedir. Deniz seviyesinden 1700 m'ye kadar çıkabilmektedir (59).



Alnus glutinosa (L.) Gaertn..

○ Subsp. *glutinosa*. ● Subsp. *barbata* (C. A. Mey) Yalt., ◆ Subsp. *antitaurica* Yalt., ■ Subsp. *betuloides* Anşin.; ▲ *Alnus orientalis* Decne., △ Var. *pubescens* Dippel.

Şekil 25. Türkiye'deki kızılğaç türlerinin yayılışı (62).

2.1.1.1. Sakallı Kızılğaç'ın Botanik Özellikleri

Vatanı Kafkasya, Kuzey İran ve Kuzeydoğu Anadolu olan bu Kızılğaç taksonu, çoğunlukla boylu ağaç, bazen de boylu çalı halindedir. Adi Kızılğaca benzerse de bazı özellikleriyle ayrılık gösterir. Geniş yumurta veya elips biçimindeki yaprakları taze iken yapışkan değildir. 6-18×4-9 cm boyutlarındaki ayanın kenarı basit veya çift dişlidir. Yaprakların önceleri her iki yüzü de yumuşak tüylüdür, sonraları üst yüzündekiler dökülür ve çıplaklaşır. Yaprakların alt yüzünde damarların birleştiği yerde kirli sarı kırmızı tüy demetleri vardır. Bu nedenle bu taksona "Sakallı Kızılğaç" adı verilmiştir. Yaprak ayasının uç kısmı yuvarlakça veya sivridir fakat kertikli değildir. Yaprakların yan damar sayısı 8-11 çifttir. Meyve kurulu 1-1.8 × 0.6-1.1 cm boyutlarındadır. Nus yuvarlakça, ucu sivri, çok dar kanatlıdır (59).

2.1.1.2. Sakallı Kızılağaç Odununun Anatomik Özellikleri

2.1.1.2.1. Makroskopik Özellikleri

Kızılağaç odunu, yeni kesildiğinde koyu kirli sarı renktedir. Kurumuş odun rendelenip düzeltildikten sonra kahverengimsi açık kırmızı renk alır. Yıllık halkalar düzenlidir. Enine kesitte traheler çıplak gözle zorlukla, $\times 10$ lup ile kolaylıkla görülür. Yalancı öz ışınlarının çıplak gözle görülebilmesine rağmen, özışınları $\times 10$ lup ile görülebilir. Radyal kesitte özışınları, koyu zemin üzerinde gümüş renginde ve parlaktır. Teğet kesitte yalancı özışınları uzun kahverengi çizgiler şeklinde görülebilir (62, 63).

2.1.1.2.2. Mikroskopik Özellikleri

Traheler yıllık halka içersinde dağınık diziliştir. Yıllık halka sınırında trahelerin tanjansiyel çapları, ilk oluşan trahelerden sonra giderek artmaktadır. İlkbahar odunundaki trahe sayısı, yaz odunundaki trahe sayısından fazladır. Traheler tek tek bulunabilir, fakat çoğunlukla gruplar oluştururlar. Bu durum trahelerin şekillerini etkiler. Tek olan traheler köşeli elips şeklinde, grup oluşturanlar ise dikdörtgen, kare veya üçgenimsi şekildedirler.

Birim karede (1 mm^2)'deki trahe sayısı minimum 53 maksimum 263'tür. Bu taksonda dere içinde yetişen ağaçlarda trahe çapları daha büyük olmaktadır. Ortalama trahe çapı ilkbahar odununda 59.43 - 66.70 mikron, yaz odununda 42.16 - 29.50 mikrondur. Ortalama trahe hücre uzunluğu 0.819 mm'dir. Perforasyon merdiven şeklindedir (skalariform). Paranzim hücreleri dağınık (apotraheal) biçimde, tek tek veya ikili gruplar halinde olacak şekilde çeşitli konumlarda görülürler. Boyuna paranzim hücrelerinin oduna katılma oranı % 7.39'dur. 1 mm^2 'de ki ortalama geçit sayısı 33863 adettir.

Özışınları homojen ve üniseridir. Enine kesitte özışınları radyal doğrultuda, uzun ve ince dikdörtgen şeklindedir. Sadece yıllık halka sınırında ve yaz odununda kare şeklinde küçük hücrelerden oluşurlar. Radyal kesitte karşılaşma yerlerindeki geçitler, küçük ve düzenli diziliştir. 1 mm^2 'ye düşen özışını sayısı 12.77 adettir. Özışınlarının oduna katılma oranı % 15.18'dir. Odun lifi, traheid ve traheid lifi bulunur. Traheidler az sayıdadır. Odun lifleri çoğunluktadır. Sakallı Kızılağaç odununda % 47.67 oranında lif dokusu yer almaktadır. Alnus

taksonlarında görülen öz lekelerine bu taksonda da rastlanır. Yalancı özışınlarına oldukça sık rastlanır. Enine ve teğet kesitlerde geniş bantlar halinde görülürler. Yıllık halkalarla birleştikleri yerlerde yıllık halkalara dalgalı bir görünüm verirler. Yalancı özışınlarının genişlikleri 231.75-525.50 mikron arasında değişir (62, 63).

2. 1. 2. Kimyasal Maddeler

2.1.2.1. Borlu Bileşikler

Borik Asit:

Çalışmada kullanılan ve Etibank Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesinden elde edilen borik asitin özellikleri aşağıdaki gibidir (Tablo 2).

Tablo 2. Borik asidin özellikleri

Formül yapısı	H ₃ BO ₃
Molekül ağırlığı	61.84
Özgül ağırlığı (gr/cm ³)	1.435
Dökme ağırlığı (kg/m ³)	780-815
Erime noktası (°C)	171

Boraks:

Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesi tarafından üretilen boraksın özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Boraksın özellikleri

Formül yapısı	Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O
Molekül ağırlığı	291.35
Özgül ağırlığı (gr/cm ³)	1.815
Dökme ağırlığı (kg/m ³)	980
Erime noktası (°C)	741

Sodyum Perborat:

Etibank Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesi üretimi olan Sodyum perborat'ın özellikleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Sodyum perboratın özellikleri

Formül yapısı	$\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
Molekül ağırlığı	153.86
Dökme ağırlığı (kg/m^3)	650-750
Erime noktası ($^{\circ}\text{C}$)	63

Sodyum perborat; boraks ve sodyum hidroksitin reaksiyona sokulması ile elde edilmektedir.

2.1.2.2. Fosforik Asit

Çalışma kapsamında kullanılan fosforlu bileşik Merck ürünü ortho-fosforik asit (%80-85'lik)'tir. Bu bileşiğin %8'lik konsantrasyonu kullanılmıştır. Goldstein (1973) (55), fosforik asitin hem tutuşmayı hem de kor halinde yanmayı önlediği, ayrıca monoamonyum fosfat ve borax-borik asitin karıştırılması durumunda monoamonyum fosfat'ın asiditesinin düşürülerek pH'ı nötr'e yaklaştırmanın ve böylece mekanik özelliklerde meydana gelen düşmenin önüne geçilebileceği bildirilmektedir.

2.1.2.3. Vinil Monomerler ve Polimerizasyon Katalizörleri

Odun-polimer kompoziti üretiminde kullanılan vinil monomerler; stiren ve metil metakrilat, serbest radikal oluşturan katalizör olarak; benzoil peroksit, çapraz bağlayıcı olarak; divinil benzen ve çözücü olarak benzen kullanılmıştır.

2.1.2.3.1. Stiren

Denemelerde kullanılan stiren monomeri İzmit-Yarpet Rafinerisi'nden temin edilmiştir. Yarpet tarafından sentetik kauçuk hammaddesi olarak kullanılmak üzere A.B.D'nden ithal edilen ve bir petrol yan ürünü olan stirenin özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Stirenin özellikleri

Özgül ağırlık (25 °C, gr/cm ³)	0.9042
Safsızlıklar (%)	0.03
Peroksit (%)	0.0027
Sülfür (ppm)	2
Polimer (ppm)	0
Aldehit (%)	0.0082
Metil Stiren (%)	0.01
Etil benzen (%)	0.01
İnhibitör (ppm)	14
Kinematik Viskozite (25 °C, cp)	0.74
Molekül ağırlığı	104
Kaynama noktası (760 mmHg, °C)	140
Renk (Hazen)	5

2.1.2.3.2. Metil Metakrilat

Metil metakrilat Gebze-Polisan A.Ş.'nden temin edilmiş olup, özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Metil metakrilatın özellikleri

Özgül ağırlık (25 °C, gr/cm ³)	0.942
İnhibitör (ppm)	16
Suda çözünebilen monomer (25 °C, %)	1.55
Molekül ağırlığı	100
Kaynama noktası (760 mmHg, °C)	99
Monomerdeki su miktarı (25 °C, %)	1.25

2.1.2.3.3. Benzol Peroksit

Serbest radikal meydana getirme özelliği ile polimerizasyonda başlatıcı olarak kullanılan benzol peroksit Merck ürünüdür ve özellikleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Benzol peroksitin özellikleri

Kapalı formülü	$C_{14}H_{10}O_4$
Molekül ağırlığı	242.23
Su miktarı (%)	25
İodometrik Sıcaklığı (°C)	102-105

2.1.2.3.4. Divinil Benzen

Polimer zincirlerinin birbirleriyle çapraz bağlanmasını sağlayan divinil benzen Aldrich ürünü olup, özellikleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Divinil benzen’in özellikleri

Kapalı formülü (izomer karışımı)	$C_6H_4(CH=CH_2)_2$
İnhibitör (ppm)	1500
Özgül ağırlık (20 °C, gr/cm ³)	0.912
Kaynama noktası (°C)	195
Divinil benzen oranı (%)	55

2.1.2.4. Odunda Hücre Çeper Boşluklarını Doldurarak Boyutsal Kararlılığı Arttıran Maddeler

2.1.2.4.1. Polietilen glikol (PEG-400)

Polietilen glikol (PEG-400) sıvı halde olup, SHELL Petroleum Co. tarafından bir petrol destilasyon yan ürünü olarak piyasaya sunulmaktadır. Polietilen glikol’ün çalışmayı azaltıcı etkisi, odun hücresinin sekonder çeperine polietilen glikol moleküllerinin girmesiyle sağlanır.

Polietilen glikol molekülleri ile odunun iki türlü emprenyesi mümkündür. Birincisi; yaş haldeki odundaki su moleküllerinin yerine daha yüksek konsantrasyondaki polietilen glikol moleküllerinin yerleşmesi. Bu durum sadece odun suyla tam doygun halde bulunursa başarılı olmakta ve genellikle uzun süreli daldırma yöntemleri ile uygulanarak uzun süreli bir difüzyon periyodu gerektirmektedir.

İkinci uygulamada ise; polietilen glikol çözeltisi ile odunun herhangi bir rutubet derecesinde, vakum-basınçlı bir yöntemle odun emprenye edilmektedir. Polietilen glikol muamelesi, odundaki hücreleri şişirerek çalışma miktarını önemli ölçüde azaltırken, öte yandan kurutma sırasında meydana gelen kusurlar özellikle çatlamlar önlenmektedir. Günümüzde çeşitli kullanım alanları için molekül ağırlığı 200 ile 20.000 arasında değişen polietilen glikol tipleri üretilmektedir. Emprenye amacıyla 400 ile 4.000 arasındaki molekül ağırlığına sahip polietilen glikol tipleri kullanıldığı bildirilmektedir. Molekül ağırlığı düşük olan polietilen glikol ürünlerinin difüzyon özelliği yüksek, ancak yıkanmaları daha kolaydır. Bunun tersine yüksek moleküllü olanların difüzyonu güçleşirken stabilizasyon özellikleri artmaktadır. Fakat her durumda su ile yıkanabilmektedirler. Bu nedenle iç mekanlardaki kullanımlar için uygundur. %80 bağıl nemin üstündeki ortamlarda direkt su teması olmasa bile yıkandıkları belirlenmiştir.

2.1.2.5. Ticari Emprenye Maddeleri

2.1.2.5.1. Tanalith-CBC

Tanalith-CBC, Suda çözünen emprenye maddeleri grubundan olup, bakır sülfat, potasyum veya sodyum dikromat ve borik asitin belirli oranlarda kuru karışımı olarak üretilmektedir. Ülkemizde kullanılan Tanalith-CBC'nin spesifikasyonları aşağıda verilmiştir.

%37 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

%36 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Susuz)

%25 H_3BO_3

%2 katkı maddesi

Tanalith-CBC tuzuna pH'ı regüle eden bazı maddelerde katılmaktadır.

2.1.2.5.2. Immersol-WR

Immersol-WR organik çözücülü emprenye maddelerinden olup, petrol destilasyonundan elde edilen hidrokarbonlar kullanılmaktadır. Bunlar, genellikle siklofatik ve aromatik hidrokarbonların bir karışımıdır. Organik çözücülü emprenye maddeleri suda çözünmediklerinden uzun süreli koruma görevi yapmaktadırlar. Emprenye işleminden sonra organik çözücü buharlaşmakta, geriye aktif kimyasal maddeler kalmaktadır.

2.1.2.5.3. Vacsol-WR

Vacsol-WR, Immersol-WR gibi organik çözücülü emprenye maddeleri grubundan olup elde edilişi ve özellikler bakımından benzer karakteristikleri göstermektedir.

2.1.2.6. Doğal Sepi Maddeleri

2.1.2.6.1. Kızılçam Kabuğu

Kabuğun sepi maddesi olarak kullanılmasında içerisindeki tanen maddesinin etkisi önemli bulunmaktadır. Özellikle derilerin sepilenmesinde ya doğrudan doğruya öğütülmüş kabuk unları yada ekstraksiyon yolu ile elde edilmiş ekstraktları bu maksatla kullanılmaktadır (64).

Bazı çam türleri kabukları oldukça önemli miktarda tanen ihtiva etmektedirler. Mesela Halep çamının iç kabuk kısmında %25 oranında tanen mevcut olup Kuzey Afrika'da Snouba kabukları adı altında kullanılmaktadır. Ülkemizde çam kabukları gerek öğütülmüş gerekse ekstrakt halinde sepilemede kullanılmaktadır. Kızılçam kabuğundan elde edilen sıvı ekstrakt %22, kuru haldeki ekstrakt da %54 sepileyici madde içermektedir. Karaçam kabukları ise %2.7-5.4 gibi miktar bakımından teknik kullanım değeri az olan tanenli madde ihtiva etmektedir. Sarıçam'ın kuru olan dış kabuk kısımlarında %5.7-10.15'in üzerinde soymuk (etli kısım) da bulunan kabuk kısımlarında da %12.2-12.7 tanen bulunmaktadır. Fıstıkçamı kabukları %12.8-20.2, Kızılçam kabukları da 20 yaşındaki gövdelerinde %34.1 arasında değişen tanen ihtiva etmektedir (65).

2.1.2.6.2. Palamut (Valeks)

Palamut meşesi (*Quercus ithaburensis* Decne. subsp. *macrolepis*) Türkiye'nin doğal meşe türlerinden birisi olup, odun ve meyve özelliklerine göre "Kırmızı meşeler" grubuna girmektedir. 10-20 m boylarında, kışın yaprağını döken, geniş tepeli bir ağaçtır. Gri, sarımsı renkte genç sürgünler sık bir halde tüylerle örtülüdür. Tomurcuklar oval ve tüylüdür. Yaşlı bireylerin çatlaklı kalın bir kabuğu vardır. Halk dilinde palamut yada pelit adı verilen meyveleri büyük, yuvarlak, yada elipsoid biçiminde olup, iki yılda olgunlaşır. Meşe taksonlarımız arasında en büyük kadehlere sahip olup (2-4 cm çap) üzeri sık tüylüdür; kadehler üzerindeki pullar (tırnaklar) çok uzun şeritsi, kalın ve köşeli, düz ve geriye kıvrıktır. Meyvenin kadeh ve tırnaklarında önemli oranda tanen içerir. Bu oran kadehte %33, tırnaklarda ise %41.5'e kadar çıkar. Yurdumuzdaki palamut meşcereleri tanen miktarı bakımından diğer ülkelerden daha zengindir (58, 61, 64).

Palamut meyveleri sıklıkla ağacın meyveli dallarına vurularak düşürülür. Bu şekilde toplanan meyveli kadehler ormanda veya köy sergilerinde serilerek ve arada sırada karıştırılarak kurutulur. Genellikle ticarete tırnaklar kadehlerden ayrı olarak değerlendirildiğinden, gerek kurutma sırasında, gerekse "Kaba" ve tırnaklara da "Trillo" adı verilir. Bu şekilde birbirinden ayrılmış olan tırnaklarla sonradan kalburlarla tırnaklar ve kadehler birbirinden ayrılır. Tırnaklardan ayrılmış olan kadehlere kadehler doğrudan doğruya satıldıkları gibi öğütülmek sureti ile de "palamut unu" ve "palamut özü" biçiminde ticarete sunulmaktadır (64).

Palamut ve tırnakları tanen maddesince zengin olduğundan başta dericilik olmak üzere, farmakoloji ve boyacılıkta geniş bir kullanım yeri bulmaktadır. Asıl önemi bir sepi maddesi olması olup çok eski zamanlardan beri dericilik ve boyacılıkta kullanılmaktadır. Ülkemizde yıllık palamut eldesi 60 ton civarında olup bir kısmı dış ülkelere satılmakta, bir kısmıyla da palamut özü hazırlanmaktadır. Bu preparat dericilikte değerli bir sepileyici madde olarak kullanılmaktadır (64, 66).

2.1.2.6.3. Sumak Yapağı

Önemli orman yan ürünlerinden biri olan sumak yapağı, ülkemizde iki sumak türünden elde edilmektedir. Bunlardan birisi; “derici sumağı” (*Rhus coriaria* L.) diğeri de “boyacı sumağı” (*Rhus cotinus* L.) dir (64).

Derici sumağı; Anacardiaceae familyasına ait olup 2-3 m boylarında herdem yeşil çalıdır. Tüysü yapraklar 9-15 yaprakçıktan oluşur. Yaprakçıkların alt yüzü yumuşak ve sık tüylüdür. Yapraklarından ve meyvelerinden dericilikte ve boyacılıkta yararlanır. Bu sumak türünün yapraklarında %21.7 oranında tanen, şekerler, mum, flavon türevi sarı renk maddeleri (mirisetin) ve %15-20 arasında polifenolik bileşikler taşımaktadır (58, 61, 66).

Sumak ekstraktları piyasada çoğunlukla sıvı halde bulunur. Bunun kuru halde ekstraktı da yapılmaktadır. Elde edilen ekstraktlar piyasada sumex adı altında satılmaktadır. Sıvı ekstrakt %30, toz halindeki de %64 tanen ihtiva etmektedir. Ülkemizde yıllık sumak yapağı üretimi 250-300 ton dolayında olup derilerin sepilenmesinde kullanılmaktadır (64).

2.1.2.6.4. Mazı

Mazı, yarı herdem yeşil, küçük bir ağaçtır. Genç sürgünler ve tomurcuklar seyrek gri tüylüdür. Yapraklar deri gibi sert, kenarları ondülelidir. Loplara üçgenimsi, oldukça kaba dişli, dipleri yuvarlaktır. Sürgünler ve tomurcuk pulları kırmızı renklidir. Meyve kısa saplı olup kadeh yarı küre biçiminde, 2-3 cm boyunda, palamudun 1/3'ü kadeh içindedir. Mazı meşesi denilmesinin nedeni, patolojik bir oluşum olan mazıların en çok bu meşe üzerinde görülmesindedir. Mazı sineği (*Cynips gallae tinctoria*) adlı sineğin yumurtalarını bu meşenin genç yaprak ve sürgünlerine bırakarak, Mazı yada Gal oluşumu meydana getirirler (61).

Mazı meşesinin coğrafi yayılışı Güney Avrupa'dan Suriye ve İran'a kadar uzanır. Türkiye'de en geniş yayılışını Batı, Güney ve Güneydoğu Anadolu'da yapan bu Meşe taksonuna Marmara ve Batı Karadeniz Bölgelerinde de rastlanmaktadır. Fakat en çok yayıldığı kesimler, mazısı ile ünlü Güney Doğu Anadolu'dur. Buradan dış ülkelere mazı ihraç edilmektedir (58, 61).

Mazının kimyasal bileşiminde %50-70 oranında tanen bulunmaktadır. Mazılar normal büyüklüğüne ulaşmadan önce toplanmaktadır. Toplanan mazılar genellikle gölgelik bir yerde serilmek suretiyle kurutulur. Mazı sineklerinin tekrar ormana dönmesini sağlamak, yağmur ve güneş nedeniyle kalitesinin bozulmasını önlemek için, mazılar orman içerisinde veya kenarında basit çardaklar altında konulan çok katlı ağaç ranzalar üzerinde en çok 25 cm kalınlık oluşturacak biçimde kurutulur. Kurutma sırasında, mazıların küflenmesini önlemek ve kurummasını hızlandırmak amacıyla karıştırılması gerekmektedir. Mazılar kurutulduktan ve sinekler mazıları terk ettikten sonra çuvallara konular ve bu şekilde satışa hazır hale getirilir. Mazı, fazla miktarda sepi maddesi ihtiva ettiğinden boyacılık, dericilik, mürekkep, çivit ve ilaç yapımı gibi çeşitli endüstri kollarında büyük ölçüde kullanılmaktadır (64).

2.2. Deney ve Kontrol Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada, Esiroğlu Orman İşletmesi'nden temin edilen Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) odunları kullanılmıştır. Deneme ağaçlarının seçiminde TS 4176 esaslarına uygun olarak hareket edilmiştir. Deneme ağaçlarının seçimi sırasında, ağaçlarda yapı bakımından ekstrem özellikler bulunmamasına dikkat edilmiştir. Yani fazla dallı budaklı, anormal tepe çatılı, çürük veya böcek zararına uğramış fertler ile anormal gelişme göstermiş ağaçların alınmamasına özen gösterilmiştir. Belirlenen ağaçların göğüs çapları ölçülerek ortalama göğüs çapı bulunmuş ve bu çapa en yakın 3 adet deneme ağacı olarak seçilmiş ve ağaçlar üzerine numaraları yazılmış ve kuzey yönleri işaretlenmiştir.

Her deneme ağacından; 0.3 m'den başlayarak her 2 m'de bir olmak üzere 15 cm boyunda tekerlek şeklinde gövde kısımları ve her ağacın 3 ila 4 m arasındaki bölümünden 1 m'lik gövde kısımları çıkarılarak her parça enine kesiti üzerine kuzey yönü işaretlenmiş ve alınış sırasına göre numaralandırılmıştır.

15 cm'lik gövde kısımlarından özgül ağırlık denemeleri için kuzey-güney ve doğu-batı yönünde 2 cm genişliğinde şeritler çıkarılmış ve 20x20x30 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır.

Aynı ağaçtan alınan 1 m'lik gövde kısımları fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılmış, kuzey-güney ve doğu-batı yönünden parçalar kesilerek liflere paralel basınç, sertlik ve çalışma deney örnekleri hazırlanmıştır.

Yanma örnekleri ise; TS 345'e göre ağaçların dipten 2 m yukarısı ve tepeye yakın olan kısımların altında kalan tomruklardan, enine kesitte yıllık halkalar teğet kenara paralel olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.3. Test Örneklerinin Emprenyesinde Kullanılan Çözeltiler

Kızılâğaç odunu örneklerinin emprenyesinde kullanılan çözeltiler aşağıdaki gibi hazırlanmıştır:

1- Borik asit'in %5.5 Sulu Çözeltisi: %5.5 konsantrasyona göre alınan kristal borik asit suda manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak çözündürülmüştür.

2- Boraks'ın %5.5 Sulu Çözeltisi: Borik asit gibi hazırlanan Boraks destile su içerisinde 50 °C sıcaklıkta çözündürülmüştür. Boraksın çözünürlüğü diğer borlu bileşiklere oranla daha güçtür.

3- Sodyum perborat'ın %3.4'lük Çözeltisi: 24 °C'de 100 ml suda çözünen miktar olarak bildirilen 3.4 gr (1000 ml için 34 gr) sodyum perborat destile su içinde çözündürülmüştür.

4- PEG-400 saf olarak kullanılmıştır.

5- Stiren Tam Yükleme: Stiren monomerinin depolanmaları sırasında polimerleşmelerini önlemek üzere 10-20 ppm arasında inhibitör madde içermektedir. Polimerleşmenin verimli ve homojen gerçekleşebilmesi için monomerin bu polimerleşmeyi önleyici inhibitör maddelerden temizlenmesi gerekmektedir.

Temizleme işleminde birinci aşamada; % 15'lik NaOH çözeltisi hazırlanmaktadır. Bir arıtma hunisi içinde 500 ml monomer ve 150 ml NaOH çözeltisi karıştırılarak çalkalanmakta ve sonunda hunide oluşan faz ayrımında üstteki kısım inhibitörden temizlenmiş monomeri alt kısım ise inhibitörlü NaOH çözeltisini içermektedir. NaOH'lı faz atılmakta ve aynı işlem iki kez tekrarlanarak monomerdeki inhibitör tamamen temizlenmektedir. İkinci aşamada; monomer içinde kalan NaOH kalıntılarını uzaklaştırmak için temizlenmiş 500 ml

monomere bu kez 150 ml saf su katılarak çalkalanmakta ve yine huni içinde oluşan faz ayrımından yararlanılarak alt kısımda bulunan NaOH'lı saf su atılmaktadır. Üçüncü ve son aşamada; monomerde kalan saf suyun alınması için monomere 150 gr kalsiyum klorür (CaCl_2) ilave edilerek çalkalanmakta ve bir süre bekletilmektedir. Süzülen monomer kullanılmaya hazır hale gelmekte ve buzdolabında saklanmaktadır (22).

Polimerleşmeyi başlatmak için; monomer çözeltisi içine %2 oranında benzol peroksit ve monomerin kendi içinde çapraz bağlanması için, %5 oranında divinil benzen katılmıştır.

6- Stiren Yarım Yükleme: Temizlenmiş monomere %2 oranında benzol peroksit ve %5 oranında divinil benzen eklenerek hazırlanan monomer çözeltisine %30 oranında benzen eklenmiştir.

7- Metil Metakrilat Tam Yükleme: Temizlenen Metil metakrilat monomerine %2 oranında benzol peroksit ve %5 oranında divinil benzen eklenerek hazırlanmıştır.

8- Metil Metakrilat Yarım Yükleme: Temizlenmiş MMA monomerine %2 benzol peroksit ve %5 oranında divinil benzen eklenerek hazırlanan monomer çözeltisine %30 oranında benzen katılmıştır.

9- Stiren+ Metil Metakrilat Tam Yükleme: İnhibitörden uzaklaştırılmış monomere %65 oranında stiren, %28 oranında MMA, %2 oranında benzol peroksit, %5 oranında divinil benzen katılarak hazırlanmıştır.

10- Stiren+ Metil Metakrilat Yarım Yükleme: %65 oranında stiren, %28 oranında metil metakrilat, %2 benzol peroksit ve %5 oranında divinil benzen çözeltilerine %30 oranında benzen katılarak elde edilmiştir.

11- Borik asit+Boraks: 7/3 (ağırlık/ağırlık) esasına göre hazırlanan %5.5'lik konsantrasyonda gerekli miktarda borik asit+boraksın tartılması ve destile suda çözündürülmesi yoluyla hazırlanmıştır.

12- (Borik asit+Boraks)+Stiren Tam Yükleme: %5.5'lik konsantrasyonda hazırlanan Borik asit+Boraks ile empenye edilen örnekler daha sonra, içinde %2 benzol peroksit ve %5 oranında divinil benzen içeren stiren monomeriyle empenye edilmiştir.

13- (Borik asit+Boraks)+Stiren Yarım Yükleme: Örnekler %5.5'lik konsantrasyonda hazırlanan borik asit+boraks çözeltisiyle empenye edildikten sonra yukarıda açıklanan stiren yarım yükleme çözeltisiyle empenye edilmiştir.

14- (Borik asit+Boraks)+(Stiren+Metil metakrilat) Tam Yükleme: Örnekler %5.5'lik borikasit+boraks ile empenye edildikten sonra daha önce açıklanan şekilde hazırlanan stiren+metil metakrilat tam yüklemesiyle empenye edilmiştir.

15- Tanalith-CBC: %13'lük sulu çözeltisi hazırlanmıştır.

16- Fosforik asit: %8'lik sulu çözeltisi hazırlanmıştır.

17- Vacsol-WR: organik çözücülü empenye maddeleri grubuna giren Vacsol-WR, %100'lük saf olarak kullanılmıştır.

18- Immersol-WR: %100'lük saf olarak kullanılmıştır.

19- Valeks: %4'lük sulu çözeltisi 80 °C'de 90 dakika süreyle kaynatılarak hazırlanmıştır.

20- Valeks+Borik asit: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan valeks çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra %5.5'lik konsantrasyonda hazırlanmış borik asit çözeltisiyle empenye edilmiştir.

21- Valeks+Boraks: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan valeks çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

22- Valeks+(Borik asit+Boraks): %4'lük konsantrasyonda hazırlanan valeks çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan borik asit+boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

23- Mazı: %4'lük sulu çözeltisi 80 °C'de 90 dakika süreyle kaynatılarak hazırlanmıştır.

24- Mazı+Borik asit: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan mazı çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %5.5'lik konsantrasyonda hazırlanmış borik asit çözeltisiyle empenye edilmiştir.

25- Mazı+Boraks: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan valeks çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

26- Mazı+(Borik asit+Boraks): %4'lük konsantrasyonda hazırlanan valeks çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan borik asit+boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

27- Kızılçam Kabuğu: %4'lük sulu çözeltisi 80 °C'de 90 dakika süreyle kaynatılarak hazırlanmıştır.

28- Kızılçam Kabuğu+Borik asit: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan kızılçam kabuğu çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %5.5'lik konsantrasyonda hazırlanmış borik asit çözeltisiyle empenye edilmiştir.

29- Kızılçam Kabuğu+Boraks: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan kızılçam kabuğu çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

30- Kızılçam Kabuğu+(Borik asit+Boraks): %4'lük konsantrasyonda hazırlanan kızılçam kabuğu çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan borik asit+boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

31- Sumak: %4'lük sulu çözeltisi 80 °C'de 90 dakika süreyle kaynatılarak hazırlanmıştır.

32- Sumak+Borik asit: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan sumak çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %5.5'lik konsantrasyonda hazırlanmış borik asit çözeltisiyle empenye edilmiştir.

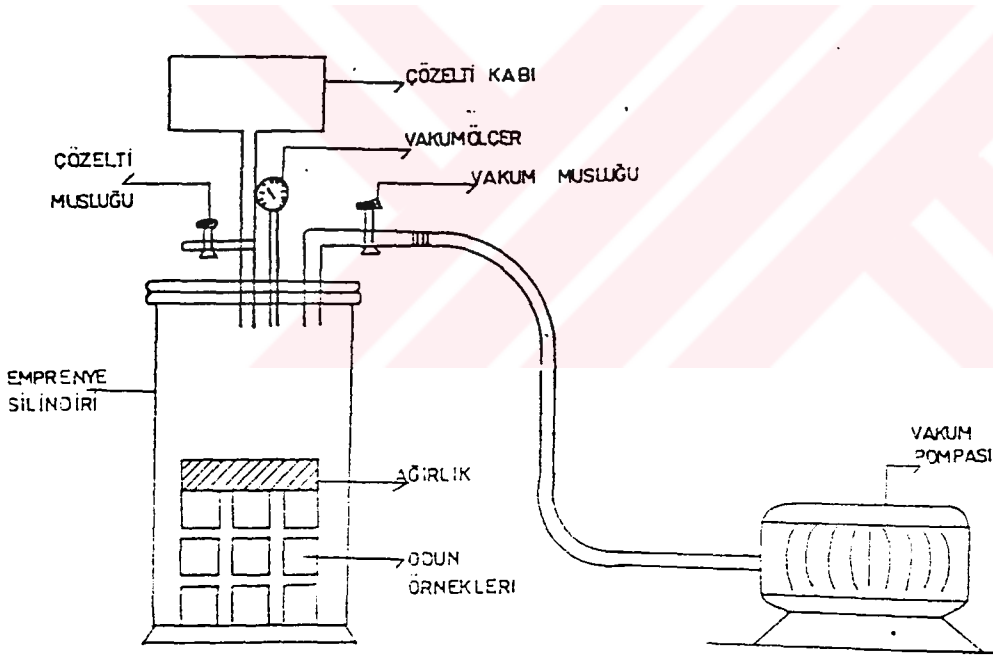
33- Sumak+Boraks: %4'lük konsantrasyonda hazırlanan sumak çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

34- Sumak+(Borik ast+Boraks): %4'lük konsantrasyonda hazırlanan sumak çözeltisiyle empenye edilen örnekler daha sonra, %7'lik konsantrasyonda hazırlanmış olan borik asit+boraks çözeltisiyle empenye edilmiştir.

2.4. Emprenye Yöntemi

Odun-Polimer Kompoziti üretiminde kurutma masraflarının azaltılması ve monomerin odun boşluklarına daha iyi nüfuz etmesini sağlamak için monomer empenyesi öncesinde ağaç malzemenin % 7-8 rutubette olması tavsiye edilmektedir (22). Bu nedenle monomer çözeltileriyle yapılacak empenye öncesinde deney örnekleri % 7-8 rutubet

derecelerine getirilmiştir. Deney örneklerinin % 7-8 rutubet derecesindeki ağırlıkları 0.001 gr duyarlılıkla ölçülmüş ve emprenye öncesi ağırlık (Mö) olarak kaydedilmiştir. Her varyasyon için ayrı ayrı yapılan emprenye işlemlerinde, deney örnekleri Şekil 32'deki deney düzeneğinde yer alan emprenye silindirine yerleştirilmiş ve silindir içerisinde sabitlenmiştir. Emprenye silindirinin kapağı vidalanarak kapatıldıktan sonra, örnekler üzerine vakum pompası yardımıyla 70 cm Hg basıncına eşit vakum uygulanmıştır. 30 dakikalık vakum uygulaması sonunda çözelti kabının musluğu açılarak vakum etkisi devam ederken, silindir içine monomer çözeltisi verilmiştir. Deney örnekleri monomer çözeltisiyle tamamen kaplandıktan sonra vakum musluğu açılarak vakum etkisi sona erdirilmiştir (22). Yanma deneylerinin emprenyesinde ise; örnekler ASTM D 1413-76 standardında öngörülen şekilde 70 cm Hg basıncına eşdeğer ön vakumun 60 dk süreyle uygulanmasının ardından, 60 dk süreyle atmosferik basınçlı örnekler, çözelti içerisinde difüzyona bırakılmıştır.



Şekil 26. Emprenye deneyi düzeneği

Emprenye silindirinden alınan örnekler tamamen monomer çözeltisiyle kaplanacak şekilde ayrı bir batırma kabına yerleştirilmiş ve üzerine bir ağırlık konularak normal atmosfer basıncı ve oda sıcaklığında, 24 saat süreyle batırma yöntemine göre muamele edilmişlerdir. Batırma süresi sonunda kaptan çıkarılan örneklerin üzerindeki fazla monomer çözeltisi

uzaklaştırılmış ve 0.001 gr duyarlılıkta tartımları yapılarak emprenye sonrası ağırlık (M_s) şeklinde kaydedilmiştir. M_0 ve M_s tartımlarından yararlanılarak sıvı monomer absorpsiyonu (M_{bm}) değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (39) :

$$M_{bm} = \frac{M_s - M_0}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

Yanma örneklerinin absorbe ettiği emprenye maddesi miktarları ise aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır:

$$R = \frac{G \cdot C}{V} * 10 \text{ kg/cm}^3 \quad (4)$$

$$G = M_s - M_0 \quad (5)$$

$$R = \frac{M_{oes} - M_o}{M_o} * 100 (\%) \quad (6)$$

Burada; C : Çözelti konsantrasyonu (%)

V : Numune hacmi (cm^3)

Moes : Emprenye sonrası örneğin tam kuru ağırlığı

Her emprenye işleminden sonra, geriye kalan monomer çözeltilerine tüketilen miktarlarda ekleme yapılarak, çözeltilerin başlangıçtaki oranlarını devam ettirmesi sağlanmıştır.

2.4.1. Polimerleştirme Yöntemi

Monomer çözeltilerinden alınıp tartılan örnekler bekletilmeden, monomer kaybını azaltmak amacıyla alüminyum folyelere sarılarak 90 °C'deki etüve yerleştirilmiştir. Burada 4 saat süreyle polimerleştirme aşaması gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda etüvden alınan ve folyelerinden çıkartılan örnekler, tekrar 103±2 °C'deki etüve konularak, değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Böylece tam kuru hale gelen örneklerin ağırlıkları aynı duyarlılıkta tartılarak polimerleşme sonrası tam kuru ağırlık (PMo) değerleri belirlenmiştir.

Emprenye sonrası ve öncesi ağırlıkların farkı olarak belirlenen sıvı monomer miktarı (Mm) ve polimerleşme sonrası ve öncesi tam kuru ağırlıkların farkı olarak belirlenen net polimer miktarı (Pm) değerleriyle, bu değerlerden yola çıkılarak belirlenen monomerin polimere dönüşme oranı (MPDO) aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (39) :

$$M_s - M_0 = M_m \quad (7)$$

$$P_{Mo} - M_0 = P_m \quad (8)$$

$$MPDO = \frac{P_m}{M_m} \times 100 \quad (9)$$

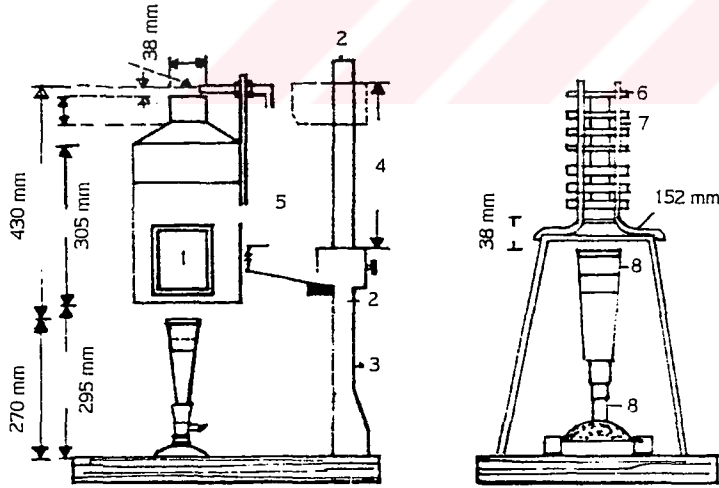
Polimerleşme aşamasından sonra, odun-polimer kompoziti haline dönüşen deney örneklerindeki net polimer miktarının (Pm) tam kuru odun ağırlığına (Mo) oranını ifade eden polimer yükü (PY) değeri ise aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (39):

$$PY = \frac{P_{Mo} - M_0}{M_0} \times 100 = \frac{P_m}{M_0} \times 100 \quad (10)$$

2.5. Yanma Deneyi

Yanma deneyi ASTM E 160-150 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan düzenekte (Şekil 27) üç ayaklı ve halka şeklinde bir metal tabla üzerinde duran çelik telden yapılmış özel bir sehpa bulunmaktadır. Bu tel sehpanın altına Meker tipi bir alev kaynağı (burner veya bek) konmuştur. Burner'in ağız kısmına 50.8 mm çapında delikli bir ızgara sabitlenmiştir.

Tel sehpa istif edilen ve deneyde kullanılan odun örnekleri alt ve üst tabanları kare olan bir dikdörtgen prizma şeklindedir. Bu prizmaların boyutları 13x13x76 mm'dir. Bir deneyde 24 adet örnek kullanılmaktadır. Yöntemde, emprenyeli örneklerin rutubetleri %7'ye getirilmiştir. Yakma öncesi her deneyde kullanılan örneklerin tartımları yapılmış ve tel sehpa istiflenmiştir. 12 kattan oluşan istifin her bir katı arasında 2.5 cm aralık bulunan iki numune yer almıştır. Her bir kat oluşturan numuneler altındaki katta bulunan numunelere dik durumda istiflenmiştir.



- | | | | | |
|-------------------|---------------|--------------------|----------|---|
| 1. Mika cam | 2. Kızak sonu | 3. Bek | 4. Kızak | 5. Potansiyometre ve milivoltmetre girişi |
| 6. Odun örnekleri | 7. Tel kafes | 8. Bek(makar tipi) | | |

Şekil 27. Yanma deney düzeneği

Altta bulunan Meker burneri; üzerinde üç ayaklı ve halka şeklindeki metal tabla boş olduğu zaman monometredeki gaz basıncı mavi renkte ve 250 ± 13 mm yükseklikte bir alev oluşturacak şekilde, 0.5 kg/cm^2 olarak sabit tutulmuştur. Gaz akımı; ocak ucundaki ızgaranın hemen üstünde birbiri ile birleşmeyen yaklaşık 6.3 mm yükseklikte birkaç mavi jetler (alevler) oluşacak şekilde ve ızgaraya kızıl renkte alev getirmeyecek şekilde sürekli olarak kontrol edilmiştir. Gaz yandığı zaman gaz oranının termokuplelerin monte edildiği baca kısmında 315 ± 8 °C sıcaklık verecek şekilde ayarlanmasının ardından alev; numune istifinin altına ve tam merkezleştirilerek sürülmekte ve deney 3 dakikalık yanma sonunda alev kaynağının söndürülmesi ile devam etmektedir. Alev kaynaklı, alev kaynağı olmadan kendi kendine yanma ve kor halinde yanma olmak üzere 3 yanma aşamasında sırasıyla 15'er, 30'ar ve 30'ar saniyelik aralıklarla sıcaklık ve duman yoğunluğunu bir fotocell yardımıyla belirlenmiştir.

2.6. Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

2.6.1. Fiziksel Özellikler

2.6.1.1. Özgül Ağırlık

Kontrol örneklerin tam kuru özgül ağırlığı (δ_o) ve Odun-polimer kompoziti haline getirilen deney örneklerinin tam kuru özgül ağırlığı ($P\delta_o$) aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (67) :

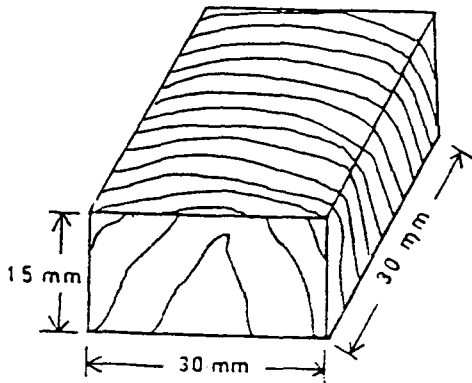
$$\delta_o = \frac{\text{Tam kuru örnek ağırlığı}}{\text{Tam kuru örnek hacmi}} \quad \text{gr/cm}^3 \quad (11)$$

$$P\delta_o = \frac{\text{OPK halindeki tam kuru örnek ağırlığı}}{\text{OPK halindeki tam kuru örnek hacmi}} \quad \text{gr/cm}^3 \quad (12)$$

2.6.1.2. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik

Su alma oranı (SAO) ve su itici etkinlik (SİE) değerlerinin belirlenmesinde kullanılan örnekler aynı zamanda genişleme miktarı ve boyutsal kararlılığın belirlenmesinde de kullanılmıştır. Örneklerin boyutları 30x30x15 mm (teğetxradyalxlifler yönü) olarak hazırlanmıştır (67). Örneklerin tam teğet ve tam radyal yönleri içermesine dikkat edilmiştir (Şekil 28). Odunun anizotropik yapısı dikkate alınarak değerlendirmelerde homojenliği sağlayabilmek için, aynı yıllık halka yapısı içeren bölgelerden alınacak şekilde tüm deneyler için ayrı ayrı kontrol ve test örnekleri alınmıştır.

Odun-polimer kompoziti haline dönüştürülen deney örneklerinin ve onlarla aynı yıllık halkaları ihtiva eden kontrol örnekleri 103 ± 2 °C'de değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş tam kuru haldeki boyutları 0.01 mm ve ağırlıkları ise 0.001 gr hassasiyetle belirlenmiştir. Deney ve kontrol örnekleri 20 ± 1 °C sıcaklıktaki su içersine üstlerine bir ağırlık konulmak suretiyle bırakılmışlardır. 2, 4, 8, 24, 48 ve 72 saat, 1 ve 2 haftalık periyotlar sonunda sudan çıkarılan örneklerin absorpladığı su miktarı belirlenmiştir. Bunun için, her periyot sonunda sudan alınan örneklerin üzerlerindeki fazla su bir bez yardımıyla silinmiş ve 0.001 gr hassasiyetle duyarlılıkta tartımları yapılarak adsorplanan su miktarı (Ad_s) olarak kaydedilmiştir. Başlangıçtaki tam kuru ağırlık (PMo veya Mo) ve Ad_s değerleri kullanılarak su alma oranları, her periyot için ayrı ayrı olmak üzere aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (9) :



Şekil 28. Su alma oranı ve su itici etkinlik deneyi örneklerinin boyut ve şekli.

$$SAO = \frac{Ads - Pmo \text{ (veya Mo)}}{Pmo \text{ (veya Mo)}} \quad (\%) \quad (13)$$

Burada, PMo deney örneğinin, Mo kontrol örneğinin Su alma oranının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

İşlem görmemiş oduna kıyasla odun-polimer kompozitlerinin su adsorblama oranlarında meydana gelen azalma olarak ifade edilebilecek su itici etkinlik (SİE) değerleri ise; her periyotta, her deney örneği için ayrı olmak üzere aşağıdaki gibi belirlenmiştir (9) :

$$SİE = \frac{SAO_k - SAO_d}{SAO_k} \times 100 \quad (14)$$

Burada, SAO_k : Kontrol örneğinin suda bekletme süresi sonundaki su alma oranı

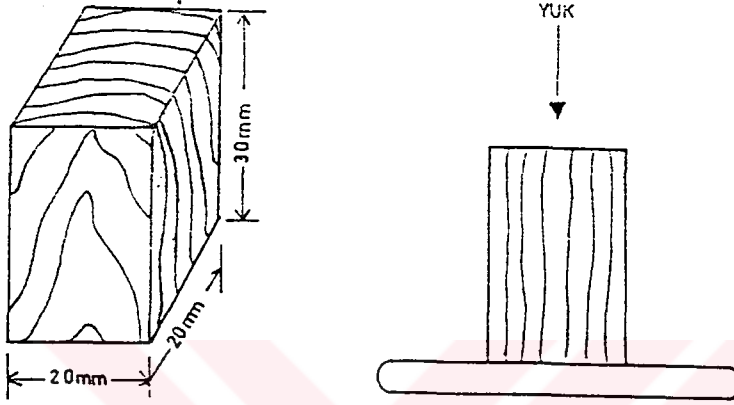
SAO_d : Deney örneğinin suda bekletme süresi sonundaki su alma oranı

2.6.2. Mekanik Özellikler

2.6.2.1. Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci deneyleri TS 2595'e uygun olarak yürütülmüştür. Deney ve kontrol örneklerinin aynı yıllık halkaları içeren kısımlardan elde edilmesine dikkat edilmiştir. 20x20x30 mm (teğetx radyalxlifler yönü) boyutlarında hazırlanan örnekler (Şekil 29) önce 103 ± 2 °C'deki etüvde tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmuş ve ağırlıkları 0.001 gr, boyutlar ise 0.01 mm duyarlıkta ölçülmüş ve tam kuru özgül ağırlık (δ_o) değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, odun-polimer kompoziti haline getirilen deney örneklerinin polimerleşme sonrasındaki tam kuru ağırlık ve boyutları aynı duyarlıkta ölçülmüş ve polimerleşme sonrası tam kuru özgül ağırlık değerleri ($P\delta_o$) belirlenmiştir.

Odun-polimer kompozitlerinin denge rutubet miktarı normal oduna oranla oldukça düşüktür ve kazandıkları su itici özellik nedeniyle % 12 rutubet derecesine yani deneylerin yapılacağı standartlarda öngörülen hava kurusu rutubet değerine ulaşmaları çoğunlukla mümkün olamamaktadır. Bu nedenle deney ve kontrol örneklerinin liflere paralel basınç direnci deneyleri hava kurusu haldeki direnç değerine dönüşüm yapılabileceği en alt rutubet derecesi olan % 9 civarındaki rutubet derecesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 29. Liflere paralel direnç örneklerinin şekli, boyutları ve yükün uygulanması.

% 9 rutubet derecesine getirilen deney ve kontrol örneklerinin ağırlıkları 0.001 gr, boyutları ise 0.01 mm duyarlıkta ölçülmüştür. 10 ton kapasiteli üniversal test makinesine yerleştirilen örneklerin liflere paralel direnç deneyi maksimum 5000 kg yük uygulanacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kırılma anındaki maksimum basınç kuvveti (F_{max}) skaladan okunarak, aşağıdaki formüle göre, liflere paralel basınç direnci (δ_{B9}) değeri hesaplanmıştır (67) :

$$\delta_{B9} = \frac{F_{max}}{a \times b} \text{ kp/cm}^2 \quad (15)$$

Burada, F_{max} : Kırılma anındaki maksimum yük (kp)

a : Deney örneğinin enine kesit boyutları (cm)

b : Deney örneğinin boyu (cm)

% 9 rutubette elde edilen liflere paralel basınç direnci değerinin % 12 rutubet derecesindeki değerlere (δ_{B9}) dönüştürülmesinde; rutubette % 1 oranında artmaya karşılık direnç değerinde % 6 azalma olduğu esastan hareketle, aşğıdaki formülden yararlanılmıştır (67) :

$$\delta_{B12} = \delta_{B9} [1+0.06 (9-12)] \quad (16)$$

$$\delta_{B12} = \delta_{B9} \times 0.82 \quad (17)$$

Deney örneklerinde elde edilen liflere paralel basınç direnci ($d\delta_{B12}$) değerinin, kontrol örneklerinde elde edilen liflere paralel basınç direnci ($k\delta_{B12}$) değerine oranlanmasıyla belirlenen liflere paralel basınç direnci artış oranı ($A\delta_{B12}$), aşğıdaki formüle göre hesaplanmıştır (45, 47):

$$A\delta_{B12} = \frac{d\delta_{B12} - k\delta_{B12}}{k\delta_{B12}} \times 100 \quad (18)$$

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Emprenye Çözeltilerinin Özellikleri

Örneklerin emprenye edilmesi işlemlerinde kullanılan çözeltilerin özellikleri Tablo

9' da verilmiştir.

Tablo 9. Emprenye çözeltilerinin özellikleri

Grup No	Emprenye Maddeleri	Çözücü Türü	Çözelti Kons. (%)	Sıcaklık (°C)		pH		Yoğunluk (g/ml)	
				EÖ	ES	EÖ	ES	EÖ	ES
1	Emprenyesiz (Kontrol) *	-		-		-	-	-	-
2	Borik asit	DS	5.5	30	30	3.19	3.60	1.020	1.020
3	Borax	DS	5.5	30	30	9.2	9.20	1.043	1.047
4	Borik asit+Borax	DS	5.5	30	30	7.00	6.94	1.020	1.026
5	Sodyum perborat	DS	3.4	30	30	10.61	10.40	1.025	1.016
6	Stiren (Tam)	-	100	25	25	4.14	4.10	0.910	0.910
7	Stiren (Yarım)	Benzen	70:30	25	25	3.95	3.95	0.756	0.756
8	MMA (Tam)	-	100	25	25	7.41	7.85	1.220	1.220
9	MMA (Yarım)	Benzen	70:30	25	25	6.45	6.40	1.180	1.180
10	ST+MMA (Tam)	-	70:30	25	25	5.70	5.65	1.120	1.120
11	ST+MMA (Yarım)	Benzen	70:30	25	25	5.40	5.44	1.080	1.080
12	1.Borik asit+Borax 2.Stiren (Tam)	DS -	5.5 100	30 25	30 25	7.00 4.14	6.94 4.10	1.020 0.910	1.026 0.910
13	1. Borik asit+Borax 2. Stiren (Yarım)	DS Benzen	5.5 70.30	30 25	30 25	7.00 3.95	6.94 3.95	1.020 0.756	1.026 0.756
14	1. Borik asit+Borax 2. ST+MMA (Tam)	DS -	5.5 100	30 25	30 25	7.00 5.70	6.94 5.65	1.020 1.120	1.026 1.120
15	Tanalith-CBC	DS	13	25	25	2.48	2.79	1.080	1.080
16	Fosforik asit	DS	8	25	25	2.11	2.20	1.060	1.060
17	Vacsol	-	100	25	25	5.91	6.00	0.810	0.810
18	Immorsol-WR	-	100	25	25	5.64	5.60	0.920	0.920
19	PEG -400	-	100	25	25	5.67	5.60	1.125	1.125
20	Valeks	DS	4	30	30	4.81	4.41	1.010	1.020
21	1. Valeks 2. Borik asit	DS DS	4 5.5	30 30	30 30	4.81 3.19	4.41 3.60	1.010 1.020	1.020 1.020
22	1. Valeks 2. Boraks	DS DS	4 7	30 30	30 30	4.81 9.20	4.41 9.20	1.010 1.043	1.020 1.047
23	1. Valeks 2. Borik asit+Boraks	DS DS	4 7	30 30	30 30	4.81 7.2	4.41 7.30	1.010 1.020	1.020 1.045
24	Mazı	DS	4	30	30	4.84	4.47	1.035	1.040
25	1. Mazı 2. Borik asit	DS DS	4 5.5	30 30	30 30	4.84 3.19	4.47 3.60	1.035 1.020	1.040 1.020
26	1. Mazı 2. Boraks	DS DS	4 7	30 30	30 30	4.84 9.18	4.47 9.15	1.035 1.040	1.040 1.045
27	1. Mazı 2. Borik asit+Boraks	DS DS	4 7	30 30	30 30	4.84 7.2	4.47 7.30	1.035 1.020	1.040 1.045

Tablo 9'un devamı

Grup No	Emprenye Maddeleri	Çözücü Türü	Çözelti Kons. (%)	Sıcaklık (°C)		pH		Yoğunluk (g/ml)	
				EÖ	ES	EÖ	ES	EÖ	ES
28	Kızılcım Kabuğu	DS	4	30	30	4.38	4.55	1.010	1.015
29	1.Kızılcım Kabuğu	DS	4	30	30	4.38	4.55	1.010	1.015
	2.Borik asit	DS	5.5	30	30	3.19	3.60	1.020	1.020
30	1.Kızılcım Kabuğu	DS	4	30	30	4.38	4.55	1.010	1.015
	2.Boraks	DS	7	30	30	9.18	9.15	1.040	1.045
31	1.Kızılcım kabuğu	DS	4	30	30	4.38	4.55	1.010	1.015
	2.Borik asit+Boraks	DS	7	30	30	7.2	7.3	1.020	1.045
32	Sumak	DS	4	30	30	5.47	5.21	1.010	1.015
33	1.Sumak	DS	4	30	30	5.47	5.21	1.010	1.015
	2.Borik asit	DS	5.5	30	30	3.19	3.60	1.020	1.020
34	1.Sumak	DS	4	30	30	5.47	5.21	1.010	1.015
	2.Boraks	DS	7	30	30	9.18	9.15	1.040	1.045
35	1.Sumak	DS	4	30	30	5.47	5.21	1.010	1.015
	2.Borik asit+Boraks	DS	7	30	30	7.2	7.3	1.020	1.045

EÖ: Emprenye öncesi ES: Emprenye sonrası *:Rutubet % 7 DS: Destile su

Buna göre; çözeltilerin, emprenye öncesi ve sonrasında ölçülen pH değerleri ve yoğunluklarında önemli ölçüde değişimler olmamıştır. Bu durum her emprenye varyasyonunda taze çözeltiyle çalışmaktan kaynaklanmıştır.

En yüksek pH oranı Sodyum perboratta 10.61 olarak belirlenirken, en düşük değer Fosforik asitte 2.11 olarak tespit edilmiştir.

3.2. Emprenye Sonrası Örneklerin Absorpladığı Emprenye Maddesi Miktarları (Retensiyon)

3.2.1. Kg/m³ Retensiyon Miktarları

Kızılağaç odunu test örneklerinde emprenye sonrası tespit edilen retensiyon oranları Tablo 10' da verilmiştir. Retensiyon oranları ikili emprenye işlemlerindeki monomer absorpsiyonu miktarını içermemektedir. Tablo 11 ve Tablo 12'de ise bunlara ilişkin Basit varyans analizi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 10. Retensiyon miktarları (kg/m³)

Deney No	Retensiyon (kg/m ³)*				Toplam	
	1. Emprenye		2. Emprenye		Ort.	St.sp.
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.		
2	31.19	2.27	-	-	31.19	2.27
3	28.27	1.28	-	-	28.27	1.28
4	30.13	1.07	-	-	30.13	1.07
5	17.79	1.27	-	-	17.79	1.27
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	29.10	3.71	-	-	29.10	3.71
13	31.66	2.34	-	-	31.66	2.34
14	26.39	5.51	-	-	26.39	5.51
15	95.25	2.70	-	-	95.25	2.70
16	62.55	1.67	-	-	62.55	1.67
17	462.89	15.18	-	-	462.89	15.18
18	422.92	5.71	-	-	422.92	5.71
19	557.26	4.73	-	-	557.26	4.73
20	23.97	1.66	-	-	23.97	1.66
21	28.48	1.75	38.95	2.33	67.43	3.51
22	28.21	1.29	50.54	2.40	78.75	3.50
23	27.37	2.20	24.91	1.72	52.28	3.86
24	21.98	2.40	-	-	21.98	2.40
25	28.16	4.07	38.34	2.22	66.50	6.21
26	29.33	2.16	48.55	2.24	77.88	4.26
27	25.13	1.36	22.89	0.64	48.02	1.77
28	27.75	2.6	-	-	27.75	2.16
29	46.68	3.86	47.67	2.62	97.35	6.26
30	25.87	2.13	45.40	5.68	71.27	9.37
31	26.32	1.76	47.86	4.61	74.18	6.31
32	25.27	2.01	-	-	25.27	2.01
33	25.75	1.91	39.05	1.37	64.80	3.04
34	23.84	0.99	52.05	1.84	75.89	2.33
35	26.62	2.83	26.01	2.92	52.63	5.73

* Monomer retensiyonu dahil edilmemiştir

Tablo 11. Birinci emprenyede elde edilen kg/m³ retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Özellik	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
I. Emprenye	GA	49610.562	27	1837.4282	188.176	.0000
	Gİ	2236.047	229	9.7644		
	T	51846.609	256			

Tablo 12. İkinci emprenyede elde edilen kg/m^3 retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Özellik	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
2. Emprenye	GA	12619.389	11	1147.2172	444.344	.0000
	Gİ	278.837	108	2.5818		
	T	12898.226	119			

Tablo incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

En yüksek retensiyon oranları PEG-400 çözeltiyle (557.26 kg/m^3) emprenye edilen örneklerde tespit edilmiş olup, bu oranları Vacsol ve Immersol-WR retensiyonları izlemiştir. En düşük retensiyon ise sodyum perboratta (17.79 kg/m^3) gerçekleşmiştir. Örs ve arkadaşları PEG-400'de bu oranı 624.70 kg/m^3 olarak bulurlarken Sodyum perboratta ise 15.09 kg/m^3 olarak belirlemişlerdir (68). Baysal retensiyon miktarını kızılçam odununda PEG-400'de 267.84 kg/m^3 , Sodyum perboratta ise 8.04 kg/m^3 olarak tespit etmiştir (69).

Borik asit çözeltileriyle yapılan emprenyelerde $25.13\text{-}31.66 \text{ kg/m}^3$ 'lük retensiyonlar sağlanırken sodyum perborat çözeltisiyle yapılan emprenyede 17.79 kg/m^3 'lük retensiyon sağlanmıştır. Bu oranının düşük gerçekleşmesine çözelti konsantrasyonunun düşüklüğü neden olabilir.

Destile suda çözüldürülerek hazırlanmış çözeltilerin retensiyon oranlarının diğer çözeltilerde hazırlanmış olanlara göre belirgin derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Böylece retensiyon oranları üzerinde belirleyici etkenin çözücü madde olabileceği söylenebilir.

3.2.2. % Retensiyon Miktarları

Kızılağaç odunu test örneklerinin çeşitli emprenye çözeltileriyle muamele edilmesi sonucu elde edilen retensiyon oranları tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak Tablo 13'de verilmiştir. Bunlara ilişkin basit varyans analizi sonuçları ise, Tablo 14 ve Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 13. Retensiyon oranları (%)

Dency No	Retensiyon (%)				Toplam	
	1. Emprenye		2. Emprenye		Ort.	St.sp.
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.		
2	2.24	0.42	-	-	2.24	0.42
3	2.78	0.31	-	-	2.78	0.31
4	3.07	0.35	-	-	3.07	0.35
5	1.82	0.07	-	-	1.82	0.07
6	93.21	5.01	-	-	93.21	5.01
7	50.56	7.35	-	-	50.56	7.35
8	65.45	2.35	-	-	65.45	2.35
9	75.63	3.18	-	-	75.63	3.18
10	72.59	7.29	-	-	72.59	7.29
11	69.58	4.74	-	-	69.58	4.74
12	6.96	3.79	65.10	11.04	72.06	9.60
13	4.10	0.62	56.69	9.02	60.79	9.75
14	3.85	0.65	86.53	4.88	90.38	5.19
15	16.71	3.18	-	-	16.71	3.18
16	4.72	0.52	-	-	4.72	0.52
17	23.69	2.48	-	-	23.69	2.48
18	13.78	2.01	-	-	13.78	2.01
19	95.28	4.84	-	-	109.91	4.84
20	7.99	0.60	-	-	7.99	0.60
21	5.19	0.66	3.19	0.99	8.38	1.65
22	4.83	0.56	4.26	0.60	9.09	1.16
23	6.52	0.75	2.90	0.49	9.42	1.07
24	13.05	1.68	-	-	13.05	1.68
25	16.00	2.13	1.54	0.66	17.54	2.27
26	14.29	1.49	2.88	0.67	17.17	1.34
27	15.23	1.12	6.77	2.97	22.00	3.32
28	7.75	1.09	-	-	7.75	1.09
29	8.96	1.27	1.84	0.92	10.8	0.92
30	11.94	3.09	1.64	0.63	13.58	3.29
31	8.06	1.68	2.95	0.93	11.01	1.36
32	4.71	0.59	-	-	4.71	0.59
33	7.68	2.31	2.32	1.02	10.00	5.40
34	4.97	0.66	3.32	0.78	8.29	0.65
35	5.48	0.58	4.13	0.67	9.61	0.89

Tablo 14. Birinci emprenyede elde edilen % retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Özellik	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
1. Emprenye	GA	175231.75	33	5310.0531	999.999	.0000
	Gİ	582.41	170	3.4259		
	T	175814.16	203			

Tablo 15. İkinci emprenyede elde edilen kg/m³ retensiyon oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Özellik	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
2.	GA	64934.222	14	4638.1587	999.999	.0000
Emprenye	Gİ	163.420	75	2.1789		
	T	65097.643	89			

Tablo incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

En yüksek retensiyon PEG-400'de (% 95.28) tespit edilirken bunu Stiren (tam yükleme) (%93.21) takip etmiştir. En düşük retensiyon ise Sodyum perborat'ta (% 1.82) elde edilmiştir. Örs ve arkadaşları PEG-400'de bu oranı %79.60 olarak bulurlarken (68) Baysal ise yaptığı çalışmada kızılçam odununda PEG-400'de % 60, Sodyum perboratta ise %2.61 oranında retensiyon tespit etmiştir (69). Sodyum perboratın düşük retensiyona sahip olmasının çözelti konsantrasyonunun düşüklüğünden kaynaklandığı söylenebilir.

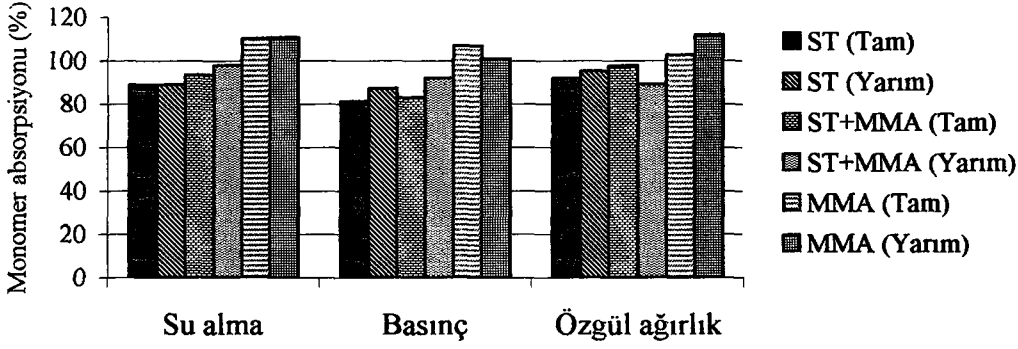
Stirenin tek başına tam yük uygulamasında tutunma miktarının yarım yük uygulamasına göre yaklaşık olarak iki katı civarında olduğunun tespit edilmesine karşın Metil metakrilat'ın yarım yüklemesinde tam yüklemesine oranla daha yüksek tutunma sağlanmıştır.

3.3. Polimerleştirme Karakteristikleriyle İlgili Bulgular

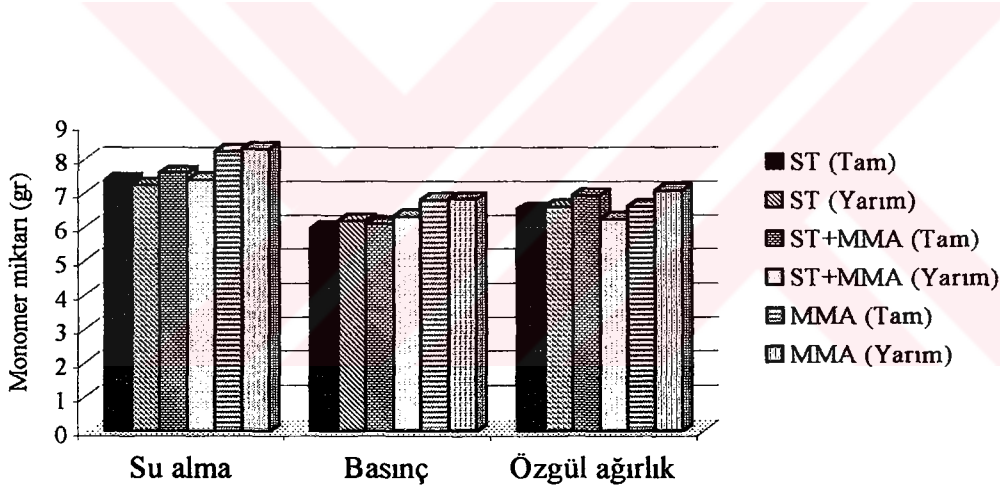
Monomer maddelerin absorpsiyon, monomer miktarı ve diğer özelliklerine ilişkin bulgular Tablo 16 ve bunlara ait grafikler Şekil 30, 31, 32, 33, 34'de, istatistiksel analizleri ise Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 16. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin monomer ile empenye edilmesinde monomer ve polimer özellikleri

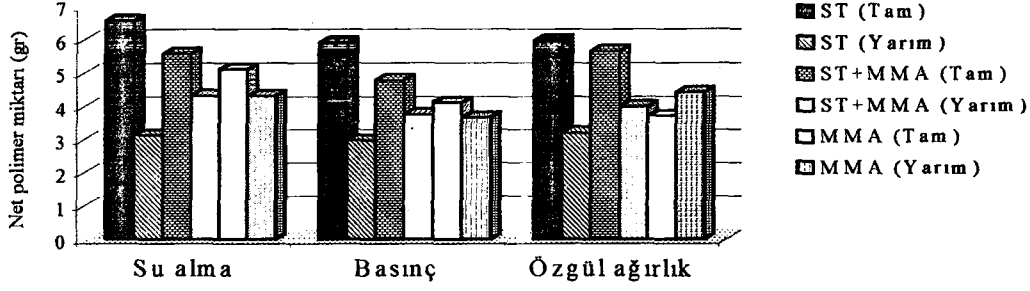
Monomer Özellikleri	STİREN (TAM YÜK)					
	Su alma		Liflere paralel basınç		Özgül ağırlık	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
Monomer Absorpsiyonu (%)	89.09	5.18	81.42	7.67	92.06	4.58
Monomer Miktarı (gr)	7.36	0.23	5.94	0.27	6.51	0.23
Net Polimer Miktarı (gr)	6.55	0.20	5.90	0.16	5.96	0.17
MPDO (%)	89.10	1.94	97.65	1.65	91.49	1.66
Polimer Yüğü (%)	93.23	5.04	94.24	5.70	93.81	4.39
	STİREN (YARIM YÜK)					
	Su alma		Liflere paralel basınç		Özgül ağırlık	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
Monomer Absorpsiyonu (%)	88.91	8.97	87.26	9.48	95.06	1.39
Monomer Miktarı (gr)	7.23	0.41	6.19	0.32	6.59	0.05
Net Polimer Miktarı (gr)	3.12	0.2	2.97	0.29	3.20	0.18
MPDO (%)	43.27	1.95	47.92	3.92	48.61	2.67
Polimer Yüğü (%)	44.94	4.67	47.23	6.49	51.37	3.17
	STİREN +MMA (TAM YÜK)					
	Su alma		Liflere paralel basınç		Özgül ağırlık	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
Monomer Absorpsiyonu (%)	93.33	9.71	83.13	6.75	97.57	1.13
Monomer Miktarı (gr)	7.59	0.44	6.08	0.32	6.92	0.23
Net Polimer Miktarı (gr)	5.57	0.41	4.78	0.34	5.65	0.24
MPDO (%)	73.35	1.91	78.54	3.47	81.69	1.54
Polimer Yüğü (%)	80.46	9.17	77.16	6.86	92.42	5.06
	STİREN +MMA (YARIM YÜK)					
	Su alma		Liflere paralel basınç		Özgül ağırlık	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
Monomer Absorpsiyonu (%)	97.7	6.66	89.05	9.5	91.95	9.72
Monomer Miktarı (gr)	7.38	0.24	6.23	0.32	6.30	0.28
Net Polimer Miktarı (gr)	4.32	0.19	3.98	0.38	3.75	0.35
MPDO (%)	58.59	2.8	59.54	14.37	59.52	3.85
Polimer Yüğü (%)	61.24	4.87	60.94	8.71	58.77	7.79
	MMA (TAM YÜK)					
	Su alma		Liflere paralel basınç		Özgül ağırlık	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
Monomer Absorpsiyonu (%)	110.21	5.95	106.75	7.41	102.67	6.08
Monomer Miktarı (gr)	8.22	0.3	6.80	0.38	6.59	0.32
Net Polimer Miktarı (gr)	5.1	0.34	4.12	0.39	3.70	0.61
MPDO (%)	62.06	3.21	60.50	2.83	55.90	6.89
Polimer Yüğü (%)	73.51	6.17	67.84	7.30	60.30	10.08
	MMA (YARIM YÜK)					
	Su alma		Liflere paralel basınç		Özgül ağırlık	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
Monomer Absorpsiyonu (%)	110.58	4.23	100.77	13.16	111.60	6.95
Monomer Miktarı (gr)	8.29	0.31	6.82	0.51	7.06	0.32
Net Polimer Miktarı (gr)	4.31	0.29	3.67	0.40	4.41	0.39
MPDO (%)	51.96	2.35	53.89	5.30	62.33	3.97
Polimer Yüğü (%)	61.25	4.42	59.82	6.36	74.67	8.23



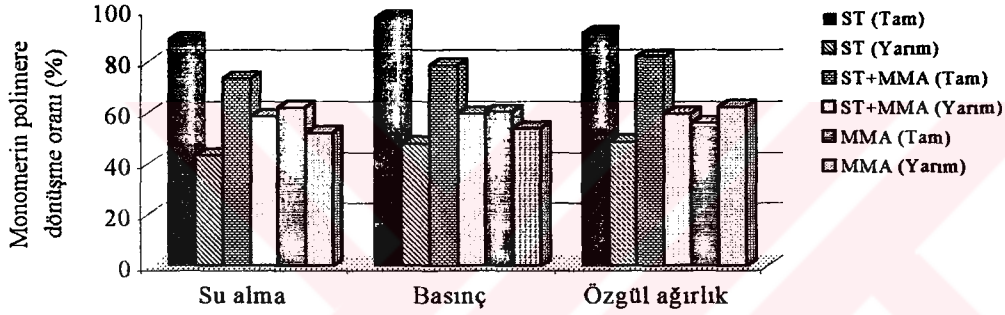
Şekil 30. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin monomer absorpsiyonları



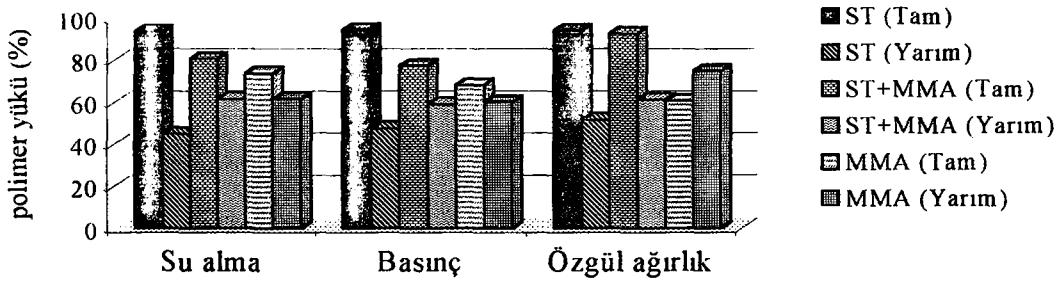
Şekil 31. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin absorpladıkları monomer miktarı



Şekil 32. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin net polimer miktarları



Şekil 33. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin örneklerindeki monomerin polimere dönüşme oranı



Şekil 34. Su alma, liflere paralel basınç direnci ve özgül ağırlık deney örneklerinin polimer yükü

Tablo 17. Polimerleştirme karakteristiklerine ait basit varyans ve duncan testi sonuçları

Özellik	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.	H.G	1	2	3	4	5	6
Monomer Absorp.	GA	8804.347	5	1760.8693	12.845	.0000		a	a	a	a	b	b
	Gİ	23852.035	174	137.0807									
	T	32656.382	179										
Monomer Miktarı	GA	16.330236	5	3.2660472	7.021	.0000		a	a	ab	a	bc	c
	Gİ	80.945663	174	.4652050									
	T	97.275899	179										
Net Polimer Miktarı	GA	172.91539	5	34.583078	145.012	.0000		e	a	d	b	c	bc
	Gİ	41.49623	174	.238484									
	T	214.41162	179										
MPDO*	GA	42798.161	5	8559.6321	355.586	.0000		e	a	d	c	c	b
	Gİ	4188.514	174	24.0719									
	T	46986.675	179										
Polimer Yüktü	GA	43055.425	5	8611.0850	115.631	.0000		e	a	d	b	c	bc
	Gİ	12957.890	174	74.4706									
	T	56013.315	179										

1: ST Tam, 2: ST Yarım, 3: ST+MMA Tam, 4: ST+MMA Yarım, 5: MMA Tam, 6: MMA Yarım

* Monomerin Polimere Dönüşme Oranı

Elde edilen bulgulara göre:

Monomer absorpsiyonunda en yüksek değer; metil metakrilat (yarım yük)'da (% 111.60) elde edilirken, en düşük değer ise stiren (tam yük)'de (%81.42) belirlenmiştir. İstatistiksel anlamda stiren (tam yük), stiren (yarım yük), ST+MMA (tam yük), ST+MMA (yarım yük) grupları ile metil metakrilat (tam yük) ile metil metakrilat (yarım yük) grupları arasında %5 yanılma olasılığı ile fark olmadığı belirlenmiştir. Yıldız, yaptığı çalışmada Melez kavak ve Sahil çamı odunlarını çeşitli monomerlerle emprenye etmiş, Melez kavakta (% 59-203) ve Sahil çamında ise (% 52-136) oranında monomer absorpsiyonu tespit etmiştir (18). Raff, veymut çam odunlarında çeşitli monomerler kullanarak yaptığı emprenye sonucunda; stiren'de % 151, ST/divinil benzen karışımında (95/5) % 152, ST/metanol/su karışımında ise % 191 oranında monomer absorpsiyonu belirlemiştir (70). Duran ise; İhlamur odununun metil metakrilat ile emprenyesinde % 114-126 oranında monomer absorpsiyonu elde etmiştir (39).

Monomer miktarında en yüksek değer metil metakrilat (yarım yük)'da (8.29 gr) elde edilirken, en düşük değer ise stiren (tam yük)'de (5.94 gr) tespit edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmede ise stiren (tam yük), stiren (yarım yük), ST+MMA (tam yük),

3.4. Fiziksel Özellikler

3.4.1. Yanma Özellikleri

3.4.1.1. Yanma Kayıpları (Ağırlık Kaybı)

Yanma deneyi sonrasında oluşan ağırlık kaybı değerleri Tablo 18 ve Şekil 35'de bunlara ilişkin basit varyans analizi sonuçları Tablo 19'da verilmiştir.

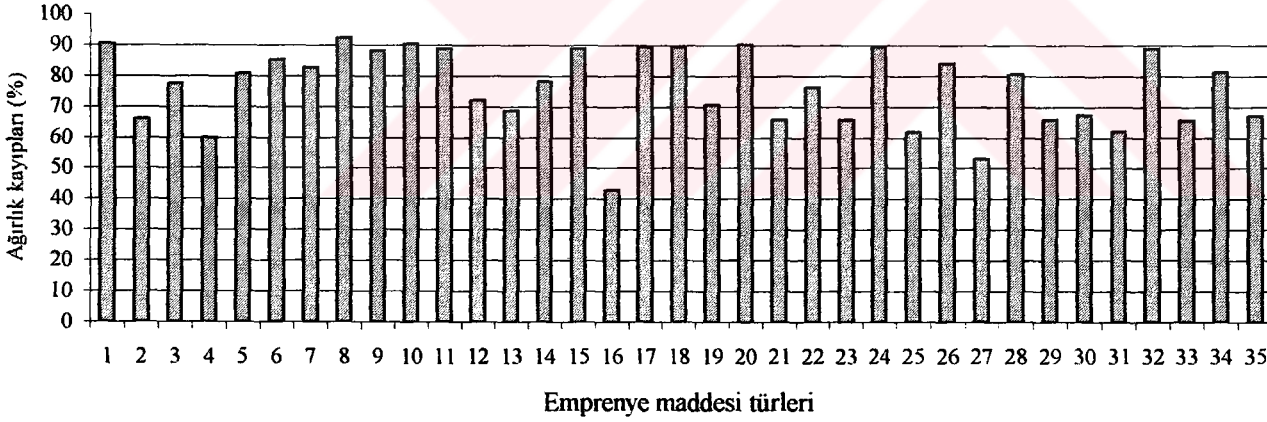
Tablo 18. Yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı değerleri (%)

Grup No	Emprenye maddesi türü	Çözelti Kons. (%)	Ort. (%)
1	Emprenyesiz (Kontrol)	-	90.56
2	Borikasit	5.5	65.92
3	Borax	5.5	77.56
4	Borikasit+Borax	5.5	60.15
5	Sodyum perborat	3.4	81.06
6	Stiren (Tam)	100	85.41
7	Stiren (Yarım)	70:30	82.82
8	MMA (Tam)	100	92.71
9	MMA (Yarım)	70:30	88.24
10	ST+MMA (Tam)	70:30	90.74
11	ST+MMA (Yarım)	70:30	88.56
12	1.Borikasit+Borax 2.Stiren (Tam)	5.5 100	72.34
13	1.Borikasit+Borax 2.Stiren (Yarım)	5.5 70.30	68.82
14	1.Borikasit+Borax 2.ST+MMA (Tam)	5.5 100	78.68
15	Tanalith-CBC	13	88.65
16	Fosforik asit	8	42.46
17	Vacsol	100	89.73
18	Immnersol-WR	100	89.64
19	PEG -400	100	70.72
20	Valeks	4	90.44
21	1.Valeks 2.Borik asit	4 5.5	65.84
22	1.Valeks 2.Boraks	4 7	76.16
23	1.Valeks 2. Borik asit+Boraks	4 7	65.94
24	Mazı	4	89.52
25	1.Mazı 2.Borik asit	4 5.5	61.86
26	1.Mazı 2.Boraks	4 7	84.45

Tablo 18'in devamı

27	1.Mazı 2.Borik asit+Boraks	4 7	53.03
28	Kızılçam Kabuğu	4	80.85
29	1.Kızılçam Kabuğu 2.Borik asit	4 5.5	65.91
30	1.Kızılçam Kabuğu 2.Boraks	4 7	67.09
31	1.Kızılçam kabuğu 2.Borik asit+Boraks	4 7	61.99
32	Sumak	4	88.90
33	1.Sumak 2.Borik asit	4 5.5	65.65
34	1.Sumak 2.Boraks	4 7	81.78
35	1.Sumak 2.Borik asit+Boraks	4 7	67.01

Ort: Ortalama



Şekil 35. Yanma sonrası örneklerin ağırlık kaybı oranları (%)

Tablo 19. Yanma sonrası örneklerde meydana gelen ağırlık kayıplarına ilişkin basit varyans analizi sonucu

Özellik	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
Ağırlık Kayıpları	27360.007	34	804.706	3929.207	.000
	28.672	140	.205		
	27388.679	174			

Tablo ve şekil incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Emprenye edilmiş örneklerin yakılması sonucunda örneklerde meydana gelen ağırlık kayıpları bakımından en uygun sonucu % 42.46'lık değerle yangın önleyici olduğu bildirilen Fosforik asit ile emprenye edilmiş örneklerde elde edilmiştir. Bu değer borlu bileşikler ile emprenye edilmiş örneklerden elde edilen değerlerden daha olumludur. Yalınkılıç ve arkadaşları Duglas odunu üzerinde yapmış oldukları çalışmada, Fosforik asit ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin ağırlık kaybı açısından en uygun madde olduğunu belirlemişlerdir (72).

Borlu bileşiklerin farklı konsantrasyondaki sulu çözeltileriyle emprenye edilen ağaç malzemenin tümü kontrol örneklerinden daha az ağırlık kayıpları vermişlerdir.

Yanma sonucu, kontrol örneklerinin ağırlık kayıp değerlerine yakın değerler veren polimerli grupların, Borik asit+Boraks kullanılarak emprenye edilmesiyle yangında ortaya çıkan olumsuz etkilerinin borlu bileşiklerle birlikte veya ardışık emprenyesiyle giderilebileceği belirlenmiştir.

Yangın önleyici olduğu bildirilen Fosforik asit ile emprenyenin, bu çalışmada yer alan borlu bileşikler ile emprenyeden daha olumlu sonuçlar vermesi dikkat çekicidir. Bu sonuca bağlı olarak borlu bileşiklerin biyodegradasyonu ve yanmayı önleyici özelliği ile, fosforik asitin ise yanmayı önleyici özelliklerinin birlikte ele alınması yönünde denemeler yapılabilir. Ancak her iki grup maddenin de higroskopik tuzlar olmaları nedeniyle odunun higroskopisitesini arttırmalarının önüne geçilmesi gerekmektedir.

Antitermitik ve antifungal özelliklere sahip olduğu bildirilen kabuk ekstraktivleri ile emprenye edilen örneklerde belirlenen ağırlık kayıplarının, kontrol örnekleriyle karşılaştırılmasında eşdeğer veya eşdeğere yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu ekstraktivlerin Borlu bileşiklerle ikili emprenyesinde bu olumsuz özelliklerinin giderilebildiği ve bu şekilde emprenye edilen bir malzemenin hem antitermik hem de antifungal özelliklerinin yanısıra yanmaya karşı gösterdikleri dirençlerinde arttığı tespit edilmiştir.

3.4.1.2. Alev Kaynaklı Yanma Sıcaklığı, Alev Kaynaksız Kendi Kendine Yanma Sıcaklığı ve Kor Halinde Yanma Sıcaklığı Değerleri

Alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklıklar Tablo 20 ve Şekil 36'da verilmiştir.

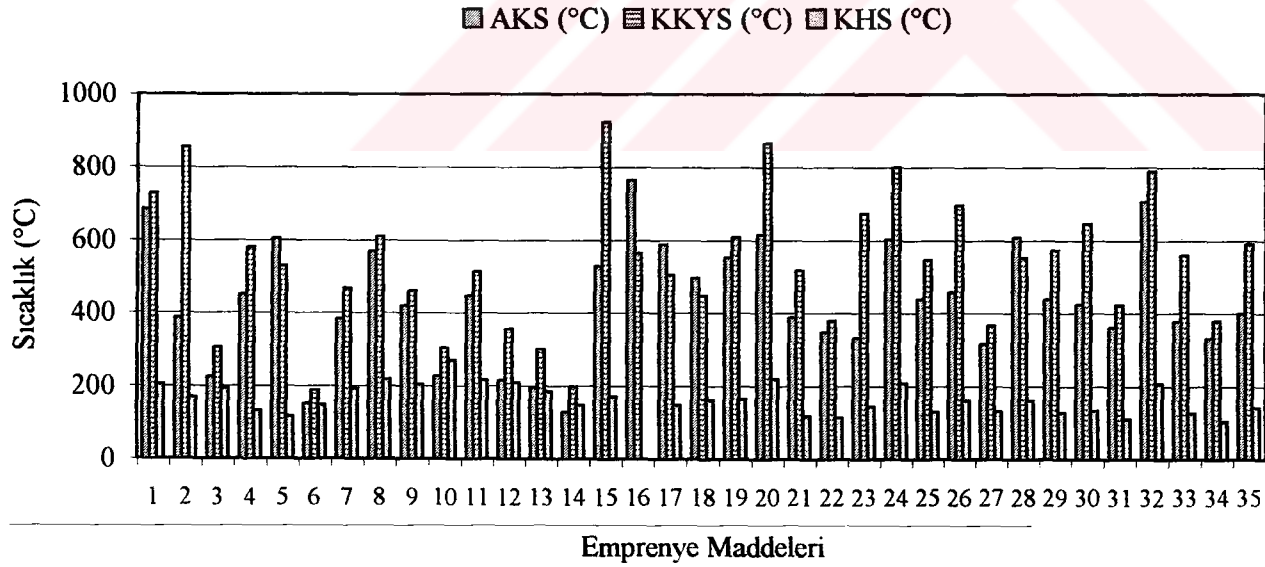
Tablo 20. Alev kaynaklı yanma, kendi kendine yanma ve kor halinde yanma sırasında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri (°C)

Deneme No	Emprenye maddesi türü	Alev kaynaklı yanma sıcaklığı (°C)		Kendi kendine yanma sıcaklığı (°C)		Kor halinde yanma sıcaklığı (°C)	
		Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
	Kimyasal Madde						
1	Emprenyesiz (Kontrol) *	683.3	188.56	727.25	85.30	204.53	123.3
2	Borikasit	387.46	128.00	854.50	116.03	168.43	116.01
3	Borax	224.58	53.10	306.62	15.65	193.30	62.17
4	Borikasit+Borax	450.23	109.33	579.64	169.26	132.27	48.90
5	Sodyum perborat	605.41	217.77	529.61	243.18	116.84	41.12
6	Stiren (Tam)	720.15	170.45	805.87	142.38	200.14	28.69
7	Stiren (Yarım)	650.83	154.42	666.75	17.14	192.80	86.23
8	MMA (Tam)	569.58	92.21	609.5	37.76	218.71	117.5
9	MMA (Yarım)	420.91	51.74	459.69	31.37	204.70	80.54
10	ST+MMA (Tam)	526.08	42.63	603.96	30.84	270.4	80.54
11	ST+MMA (Yarım)	446.16	58.90	513.27	48.43	216.19	97.33
12	1.Borikasit+Borax 2.Stiren (Tam)	416.83	48.95	355.89	38.77	209.08	82.70
13	1.Borikasit+Borax 2.Stiren (Yarım)	395.91	50.60	300.71	32.72	184.38	61.03
14	1.Borikasit+Borax 2.ST+MMA (Tam)	429.08	20.58	397.8	10.71	147.38	27.59
15	Tanalith-CBC	527.90	105.53	923.55	205.67	170.7	78.76
16	Fosforik asit	364.00	126.36	253.66	29.59	-	-
17	Vacsol	589.33	51.71	505.00	97.64	148.42	63.15
18	Immorsol-WR	495.91	48.74	447.36	100.44	162.45	55.89
19	PEG -400	552.66	104.45	607.75	100.9	165.81	70.75
20	Valeks	615.69	196.92	864.12	110.19	220.25	148.14
21	1.Valeks 2.Borik asit	387.77	105.52	516.69	254.18	118.35	28.65
22	1.Valeks 2.Boraks	347.54	20.48	380.08	106.96	114.05	30.05
23	1.Valeks 2.Borik asit+Boraks	332.38	79.10	673.08	184.66	144.27	60.47
24	Mazı	603.61	222.47	799.67	134.14	209.08	106.25

Tablo 20'nin devamı

25	1.Mazı 2.Borik asit	438.38	127.65	547.07	218.60	130.03	39.99
26	1.Mazı 2.Boraks	456.69	160.83	695.92	210.21	162.11	104.91
27	1.Mazı 2.Borik asit+Boraks	316.54	22.96	366.59	76.39	132.20	37.90
28	Kızılçam kabuğu	607.61	149.53	551.80	154.93	161.10	75.37
29	1.Kızılçam kabuğu 2.Borik asit	438.00	135.15	572.81	243.48	128.21	44.71
30	1.Kızılçam kabuğu 2.Boraks	423.69	128.55	645.64	192.81	134.18	63.09
31	1.Kızılçam kabuğu 2.Borik asit+Boraks	361.92	98.80	423.56	283.60	111.58	22.34
32	Sumak	705.54	236.86	789.43	135.46	207.84	144.54
33	1.Sumak 2.Borik asit	377.69	113.65	558.47	221.78	125.74	44.03
34	1.Sumak 2.Boraks	331.69	39.61	380.28	154.93	103.08	33.12
35	1.Sumak 2.Borik asit+Boraks	401.08	85.06	590.31	159.53	143.05	50.68

Ort:Ortalama St.sp.: Standart sapma



Şekil 36. Deney örneklerinin alev kaynaklı, kendi kendine ve kor halinde yanmada yanma sıcaklıkları

Tablo ve şekil incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Boraks, Borik asit ve Borik asit+Boraks ile emprenye edilen örneklerden elde edilen alev kaynaklı ve kendi kendine yanma sıcaklık değerleri kontrol örneğinden daha iyi sonuçlar vermişlerdir. Borlu bileşikler ile yapılan emprenye işlemlerinde, retensiyon miktarının artması ile yanmayı önleyici etkinin önemli bir göstergesi sayılan alev kaynaklı yanma sıcaklığı ve kendi kendine yanma sıcaklığı derecelerinde önemli oranda bir azalma belirlenmiştir. Bu durum bor retensiyonunun artmasına bağlı olarak yanmayı önleyici etkininde artacağı izlenimini vermektedir.

Stiren tam yükleme uygulanarak emprenye edilen örneklerde yanmanın üç aşamasında da (alev kaynaklı, kendi kendine yanma, kor halinde yanma) kontrol örneğinden daha yüksek sıcaklık dereceleri elde edilmiştir. Metil metakrilat ve diğer polimerli karışımlarda benzeri sonuçlar vermiştir. Fakat su itici madde olarak bilinen bu polimerli karışımların suyla kolayca yıkanabilen borlu bileşiklerle ikili emprenyesinde alev kaynaklı yanma ve kendi kendine yanma sıcaklığı derecelerinde anlamlı derecede azalma sağlanmıştır.

Fosforik asit ile emprenye edilen örneklerin yanma aşamalarında kontrol örneğinden daha az sıcaklıklar göstermesi bu maddelerin yanmayı önleyici etkisinin varlığını açıkça göstermektedir.

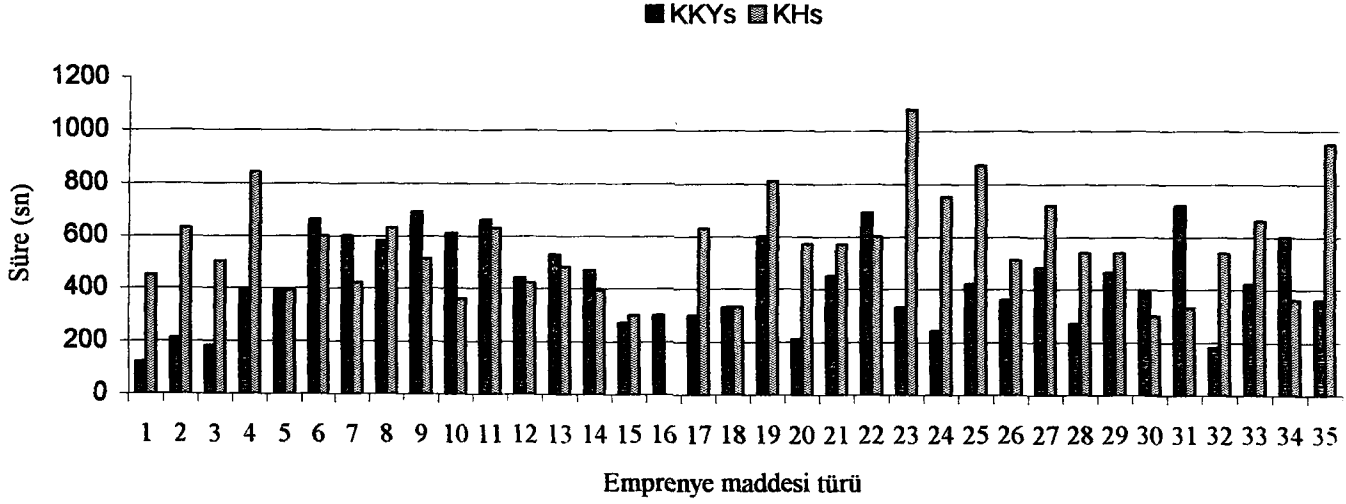
Antitermitik ve antifungal özelliklere sahip olduğu bildirilen kabuk ekstraktifleri (Valeks, Mazı, Kızılçam kabuğu, Sumak) ile emprenye edilen örnekler yanmanın üç aşamasında (Alev kaynaklı yanma, Kendi kendine yanma ve Kor halinde yanma) kontrol örneğinden daha yüksek veya yakın sıcaklık dereceleri vermiştir. Fakat bu maddelerin borlu bileşiklerle birlikte ikili emprenyesinde yanmayı önleyici etkinliğin göstergesi sayılan alev kaynaklı yanma sıcaklığı ve kendi kendine yanma sıcaklığı derecelerinde önemli bir oranda azalma sağlamıştır.

3.4.1.3. Kendi Kendine Yanma Süresi, Kor Hali Süresi ve Yıkılma Anına Kadar Geçen Süreye İlişkin Bulgular

Kızılağaç odunu örneklerinin yanma deneyi sırasında ve sonrasında kaydedilen kendi kendine yanma süresi, kor halinde yanma süresi ve yıkılma başlangıcı süresine ilişkin değerler Tablo 21’de ve Şekil 37’de verilmiştir.

Tablo 21. Emprenye edilmiş örneklerde kendi kendine yanma, kor halinde yanma ve yıkılma başlangıcı süreleri

Deneme No	Yanma süreleri (sn)			
	Kendi kendine yanma	Kor halinde yanma	Yıkılma başlangıcı	Yıkılma başlangıç aşaması
1	120	450	240	KKY
2	210	630	-	-
3	180	500	-	-
4	390	840	-	-
5	390	390	390	KKY
6	660	600	-	-
7	600	420	-	-
8	580	630	270	KKY
9	690	510	450	KKY
10	610	360	210	KKY
11	660	630	270	KKY
12	440	420	-	-
13	530	480	300	KKY
14	470	390	180	KKY
15	270	300	270	KKY
16	300	-	-	-
17	300	630	180	KKY
18	330	330	120	KKY
19	600	810	300	KKY
20	210	570	150	KKY
21	450	570	230	KKY
22	690	600	120	KKY
23	330	1080	-	-
24	240	750	50	KKY
25	420	870	190	KKY
26	360	510	100	KKY
27	480	720	500	KKY
28	270	540	45	KKY
29	465	540	20	KKY
30	390	300	50	KKY
31	720	330	60	KKY
32	180	540	120	KKY
33	420	660	-	-
34	600	360	30	KKY
35	360	950	150	KKY



Şekil 37. Yanma deneyi sırasında örneklerin kendi kendine (KKYs) ve kor halinde yanma (KHs) süreleri

Tablo ve şekil incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Emprenye işlemi uygulanmış tüm örnek grupları kontrol örneği ile kıyaslandığında kendi kendine yanma (KKY) süreleri daha uzun sürede gerçekleşmiştir. Bu durum emprenyeli örneklerin yanma esnasında daha uzun süre dayanarak can ve mal kayıplarının azaltılması ve yangına müdahale için zaman kazandırırsa da, kendi kendine yanma süresi (KKYs), Ağırlık kaybı (AK) ve Yanmamış kısmın ağırlığı (YKA) ile birlikte değerlendirilmelidir. Her ne kadar kendi kendine yanma süresinin (KKYs) uzun olması olumlu ise de bu süre sonunda tüm malzeme yanıp tükeniyorsa yanmayı önleyici etkinlik (YÖE) sağlanamayacaktır.

Borlu bileşiklerin sulu çözeltileriyle emprenye edildikten sonra stiren, metil metakrilat gibi vinil monomerler ile emprenye edilmiş örneklerde kendi kendine yanma süresi bu maddelerin tek başına kullanıldığı 6., 7., 8., 9., 10. ve 11. denemelerdekine oranla kısalmıştır.

Yangın önleyici olarak bilinen fosforik asit ile emprenye edilen örneklerde uzun süreli kendi kendine yanma (KKY) aşamasında bile yanmamış kısım olarak kalan %57.22'lik kısmın varlığı göz önüne alındığında; kendi kendine yanma süresinin (KKYs) uzunluğu, ağırlık kaybının (AK) az olması veya yanmamış kısmın ağırlığının (YKA) fazla olması bir avantaj olarak görülebileceği söylenebilir. Bu sonuç; fosforik asit ile emprenye edilen örneklerinin deney sonrası yıkılmamaları ile desteklenmiştir.

Doğal sepi maddeleri ile emprenye edilen örneklerin (Valeks, Mazı, Kızılçam kabuğu, Sumak) kendi kendine yanma süreleri kısadır. Fakat göstermiş oldukları yüksek ağırlık kayıplarının yanı sıra, erken sürede gerçekleşen yıkılma başlangıçları nedeniyle bu maddelerin yanma riskini arttırdıkları söylenebilir. Fakat bu maddeler ile emprenye edilen örneklerin ikincil olarak borlu bileşiklerin sulu çözeltileriyle emprenye edilmesinde kendi kendine yanma süresinin (KKYs) uzunluğu, ağırlık kaybının (AK) azalması veya yanmamış kısmın ağırlığının (YKA) fazla olması göz önüne alındığında, bu maddelerin yanmaya karşı gösterdikleri dirençlerinin arttırılabileceği söylenebilir.

3.4.1.4. Işık Yoğunlukları

Kızılağaç odunu deney örneklerinin yanması esnasında çıkan dumanın yoğunlukları, baca ağzından geçen ve bir fotosel tarafından algılanan değerler olarak; üç yanma aşamasında alev kaynaklı yanma aşaması ışık yoğunluğu (AKIY), kendi kendine yanma aşaması ışık yoğunluğu (KKYIY) ve kor hali aşaması ışık yoğunluğu (KHIIY) (lüks) olarak ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 22 ve Şekil 38'de verilmiştir.

Tablo 22. Emprenye edilen örneklerin yanma sırasında alev kaynaklı yanma aşaması ışık yoğunluğu (AKIY), kendi kendine yanma aşaması ışık yoğunluğu (KKYIY) ve kor hali aşaması ışık yoğunluğu (KHIY) ortalamaları (lüks)

Deneme No	Yanma Aşamaları					
	AKIY (lüks)		KKYIY (lüks)		KHIY (lüks)	
	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.	Ort.	St.sp.
1(K)	904.16	96.43	825.00	150	1000	0.00
2	915.38	37.55	900.00	0.0	982.61	38.75
3	875.41	18.36	950.00	25.56	1000	0.00
4	923.08	43.85	871.43	82.54	1000	0.00
5	926.66	65.27	834.61	50.43	973.07	56.91
6	740.83	120.79	664.28	61.02	854.16	100.95
7	950.00	44.15	700.00	132.28	953.33	66.99
8	875.00	142.22	712.50	154.38	1000	0.00
9	875.00	113.81	617.39	129.34	1000	0.00
10	885.00	85.78	856.96	84.51	941.71	80.01
11	875.00	121.54	577.27	186.90	1000	0.00
12	895.00	48.04	777.85	61.02	991.73	21.19
13	850.00	57.31	858.12	72.56	998.46	5.32
14	860.00	86.82	795.20	19.62	908.46	82.91
15	891.66	87.47	777.77	79.49	1000	0.00
16	966.66	49.23	933.33	57.73	-	-
17	760.00	115.67	760.00	157.76	1000	0.00
18	695.83	185.20	713.63	177.61	1000	0.00
19	891.67	137.89	672.50	121.90	992.59	26.68
20	930.77	48.04	750.00	106.90	995.00	22.36
21	984.61	37.55	931.25	70.41	1000	0.00
22	876.92	92.68	904.17	90.79	1000	0.00
23	969.23	48.04	891.67	51.49	1000	0.00
24	915.38	80.06	755.55	142.40	1000	0.00
25	1000	0.00	953.33	63.99	1000	0.00
26	861.54	76.79	830.77	75.11	988.89	32.34
27	1000	0.00	905.88	24.25	992.00	27.69
28	869.23	14	760.00	122.11	1000	0.00
29	938.46	50.64	925.00	85.63	1000	0.00
30	884.61	80.06	821.43	69.93	1000	0.00
31	946.15	51.89	908.00	107.70	1000	0.00
32	884.61	98.71	742.86	142.68	992.10	18.73
33	1000	0.00	880.00	56.06	991.30	28.81
34	892.31	95.41	938.09	49.76	1000	0.00
35	976.92	43.85	915.38	68.87	1000	0.00



Şekil 38. Emprenye edilen örneklerin yanma sırasında alev kaynaklı yanma aşaması ışık yoğunluğu (AKIY), kendi kendine yanma aşaması ışık yoğunluğu (KKYTY) ve kor hali aşaması ışık yoğunluğu (KHIY) ortalamaları (lüks)

Bir yanma olayında belki de alevli yanmadan çok daha önemlisi yayılan duman etkisiyle meydana gelen zehirlenme ve boğulmalar olduğundan duman yoğunluğu dikkate alınmalıdır.

Tablo ve şekil incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Genel olarak stiren ile metil metakrilat gibi vinil monomerler ile emprenye edilen örneklerin aşırı duman oluşumu göstermeleri; boyut stabilizasyonu ve direnç özelliklerini iyileştirme amacıyla kullanılan bu maddelerin, borlu bileşikler veya yanmayı önleyici etkinliğe sahip maddeler ile kullanılması yönünde araştırmaların yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. İkinci emprenye işlemi gören vinil monomerlerin bu olumsuz özelliklerini azaltabileceğini göstermektedir.

PEG-400'ün tüm yanma aşamalarında yoğun duman oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir,

Doğal sepi maddeleri ile emprenye edilen örnekler (Valeks, Mazi, Kızılçam kabuğu, Sumak) kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında duman oluşumu bakımından fazla bir farklılık göstermemiştir,

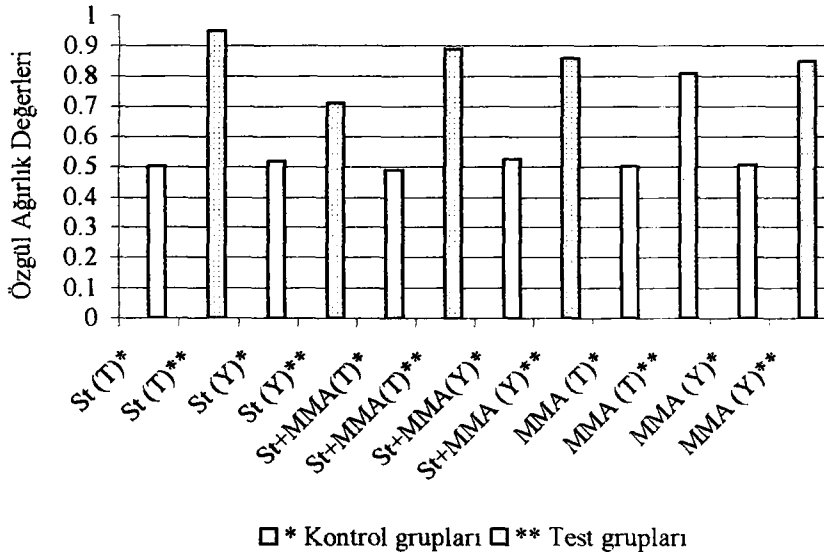
3.4.2. Özgül Ağırlık

Kontrol ve empenye edilmiş örneklerin tam kuru özgül ağırlık değerleri Tablo 23'de ve grafiği ise Şekil 39'da verilmiştir. Özgül ağırlık değerlerinde farklılık olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 23. Kontrol ve empenye edilmiş örneklerin özgül ağırlık değerleri

Emprenye maddesi türü	Özgül ağırlık (gr/cm ³)	St. sp.	HG
Stiren (Tam)*	0.504	0.001	a
Stiren (Tam)**	0.950	0.018	f
Stiren (Yarım)*	0.519	0.037	a
Stiren (Yarım)**	0.710	0.010	b
St+MMA (Tam)*	0.490	0.03	a
St+MMA (Tam)**	0.890	0.011	e
St+MMA (Yarım)*	0.525	0.051	a
St+MMA (Yarım)**	0.860	0.027	d
MMA (Tam)*	0.503	0.016	a
MMA (Tam)**	0.808	0.064	c
MMA (Yarım)*	0.508	0.044	a
MMA (Yarım)**	0.846	0.033	d

*: Tam kuru özgül ağırlık *: Odun polimer kompoziti (işlemli)



Şekil 39. Kontrol ve empenye edilmiş örneklerin özgül ağırlık değerleri

Tablo 24. Kontrol ve emprenye edilmiş örneklerin özgül ağırlık değerlerine ilişkin basit varyans analizi

VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
GA	3.8100893	11	.3463718	266.461	.0000
Gİ	.1403886	108	.0012999		
T	3.9504779	119			

Tablo ve şekil incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

Deneme örneklerin emprenye edilmeden önceki özgül ağırlıkları 0.510 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir. Kızılağaç odunları üzerinde yapılan literatür çalışmalarında; Güller özgül ağırlık değerini 0.454 g/cm^3 olarak bulurken (73), Bozkurt 0.490 g/cm^3 (63), Berkel 0.496 (8) g/cm^3 , Harvat 0.509 g/cm^3 (74), Örs ve Ay ise aynı değeri 0.502 g/cm^3 olarak belirlemişlerdir (75).

Stiren tam yükleme deneyi örneklerinde; tam kuru özgül ağırlık değerleri kontrol grubunda 0.504 gr/cm^3 olarak belirlenirken, emprenye edilen örneklerinde ise 0.950 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Stiren yarım yükleme düzeyinde ise tam kuru özgül ağırlık değeri kontrol grubunda 0.519 gr/cm^3 olarak bulunurken emprenye edilen örneklerde ise 0.710 gr/cm^3 olarak tespit edilmiştir. St+MMA tam yükleme düzeyinde tam kuru özgül ağırlık değeri kontrol grubunda 0.490 gr/cm^3 olarak bulunurken emprenye edilen örneklerde ise 0.890 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir. St+MMA yarım yükleme düzeyinde tam kuru özgül ağırlık değeri kontrol grubunda 0.525 gr/cm^3 olarak bulunurken, emprenye edilen örneklerde ise 0.860 gr/cm^3 olarak tespit edilmiştir. MMA tam yükleme düzeyinde tam kuru özgül ağırlık değeri kontrol grubu için 0.503 gr/cm^3 olarak bulunurken emprenye edilen örneklerde ise 0.808 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir. Metil metakrilat yarım yükleme düzeyinde tam kuru özgül ağırlık değeri kontrol grubu için 0.508 gr/cm^3 olarak tespit edilirken, emprenye edilen örneklerde ise 0.846 gr/cm^3 olarak tespit edilmiştir,

En yüksek tam kuru özgül ağırlık değeri stiren ile tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde 0.950 gr/cm^3 olarak tespit edilirken, en düşük değer ise stiren yarım yükleme düzeyinde 0.710 gr/cm^3 bulunmuştur. Yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonucunda tüm kontrol grupları arasında istatistiksel anlamda farklılıklar gözlenmemiştir. Emprenyeli

örneklerden ise ST+MMA (yarım yükleme) ile MMA (yarım yükleme) arasında istatistiksel anlamda farklılık belirlenmemiş olup diğer gruplar arasında belirgin farklılık tespit edilmiştir. Yıldız çeşitli monomer yükleme düzeylerinde Melez kavak-polimer kompozitinde bu değeri 0.433-0.759 gr/cm³ olarak bulurken Sahil çamı-polimer kompozitinde ise 0.581-0.938 gr/cm³ olarak belirlemiştir (18).

3.4.3. Su Alma Oranı ve Su İtici Etkinlik

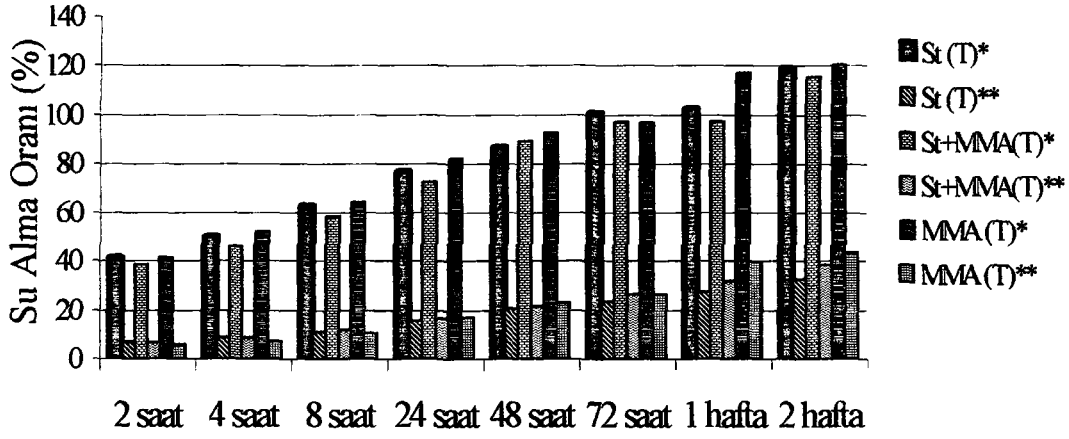
3.4.3.1. Su Alma Oranı

Bütün suda bekletme periyotlarında deney ve kontrol örneklerinde tam kuru odun ağırlığına oranla belirlenen su alma oranları (SAO) Tablo 25'de, grafiği ise Şekil 40 ve 41'de, empenye maddeleri ile su alma oranları arasındaki ilişkiler ise grafik 42, 43, 44, 45, 46, 47'de, su alma oranları arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi ve duncan testi yapılmış sonuçlar Tablo 26 ve 27'de verilmiştir.

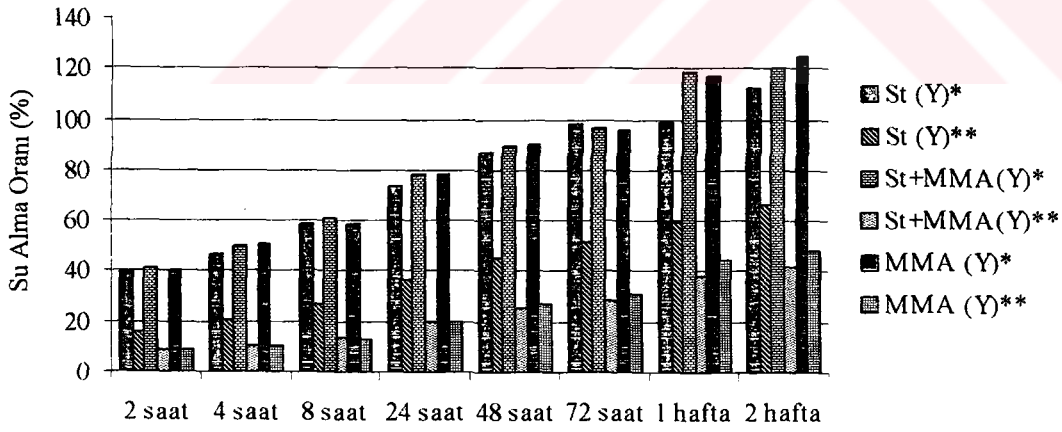
Tablo 25. Su alma oranları ve su itici etkinlik değerleri

Emprenye maddesi türü	SU ALMA ORANI																	
	2 saat		4 saat		8 saat		24 saat		48 saat		72 saat		1 hafta		2 hafta			
	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp	Ort.	St.sp		
St(T)*	41.78	8.10	50.13	8.28	62.91	7.86	76.52	6.76	86.74	5.94	100.49	4.95	102.48	3.67	118.93	5.06		
St(T)**	6.79	0.87	8.65	1.12	11.25	0.95	15.56	1.08	20.60	1.07	23.51	1.07	27.67	1.30	32.39	1.70		
St(Y)*	39.46	4.88	46.93	4.27	58.65	3.85	73.37	2.89	87.31	2.93	97.78	3.33	98.56	4.15	112.71	7.70		
St(Y)**	15.81	3.41	20.64	3.39	27.20	3.52	36.60	3.61	45.10	3.68	51.58	3.27	59.56	2.69	66.50	2.77		
St+MMA (T)*	38.69	2.88	46.06	3.08	58.34	3.45	72.27	3.40	89.13	3.99	97.08	2.87	97.18	2.76	115.24	4.08		
St+MMA (T)**	6.47	0.71	8.56	1.17	12.09	1.79	16.56	2.35	21.25	3.02	26.26	3.11	31.76	3.48	38.58	3.27		
St+MMA (Y)*	41.40	3.94	49.57	4.26	60.59	4.46	78.02	4.08	89.01	3.62	96.88	3.94	118.30	4.86	120.35	4.39		
St+MMA (Y)**	8.41	2.18	10.24	2.45	13.11	2.71	19.50	3.14	25.68	3.49	28.13	3.27	38.25	3.05	42.16	2.94		
MMA (T)*	41.66	2.81	52.17	2.94	64.14	3.32	82.05	4.28	92.62	4.56	96.69	4.29	116.90	4.70	120.42	4.69		
MMA (T)**	5.63	0.77	7.41	0.85	10.49	1.02	17.03	1.56	22.63	1.82	26.33	2.10	39.81	3.53	43.77	3.70		
MMA (Y)*	39.95	3.49	50.38	3.78	58.74	3.96	78.28	4.24	90.27	3.50	95.37	2.89	117.34	3.62	125.12	3.32		
MMA (Y)**	8.38	2.24	10.20	2.62	12.98	2.79	20.10	3.03	26.78	3.21	31.24	3.03	44.32	3.53	48.34	3.53		
SU İTİCİ ETKİNLİK																		
St (T)	83.43	2.52	82.44	3.13	81.94	2.15	79.55	2.06	76.16	1.84	76.55	1.50	72.55	72.97	72.72	1.80		
St (Y)	59.01	11.53	55.51	9.15	53.33	7.43	49.99	5.71	48.23	3.80	47.16	4.25	39.45	4.12	40.73	4.95		
St+MMA (T)	83.23	1.92	81.34	2.68	79.24	3.04	77.08	3.01	76.15	3.25	72.96	2.93	67.33	3.27	66.50	2.89		
St+MMA (Y)	79.68	4.82	79.30	4.72	78.34	4.18	75.01	3.82	71.13	3.88	70.97	3.12	67.66	2.32	64.97	2.10		
MMA (T)	86.48	1.64	85.78	1.53	83.63	1.50	79.20	2.09	75.51	2.29	72.71	2.60	65.86	3.70	63.59	3.56		
MMA (Y)	78.96	5.23	79.75	4.74	77.87	4.60	74.26	4.04	70.30	3.62	67.23	3.10	62.23	2.66	61.37	2.57		

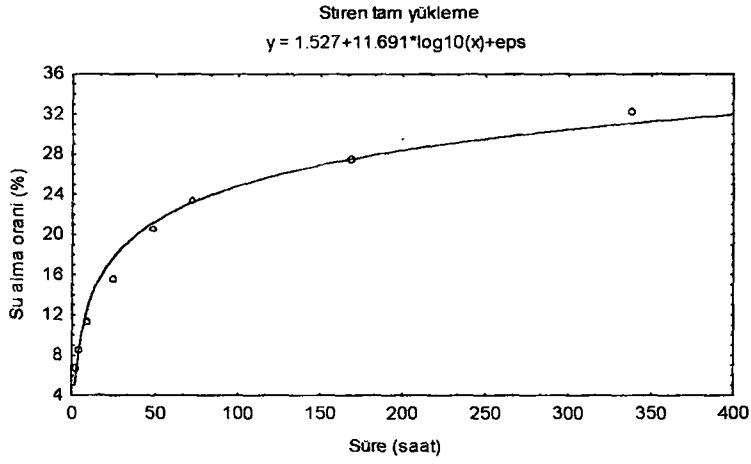
* Kontrol grubu ** Test grubu



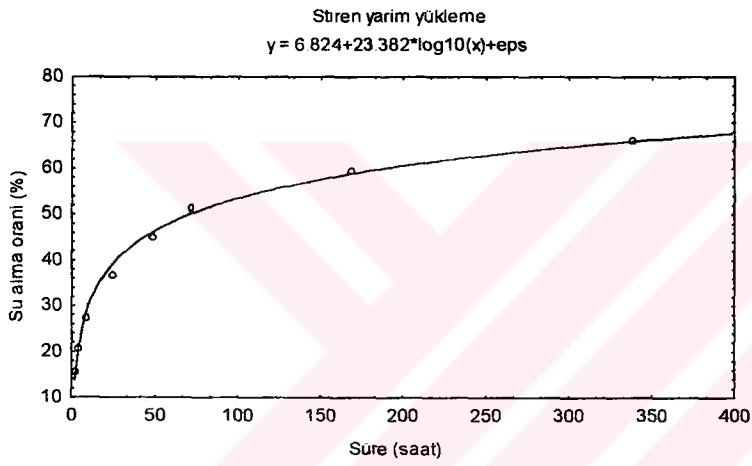
Şekil 40. Tam yüklemde elde edilen su alma oranları



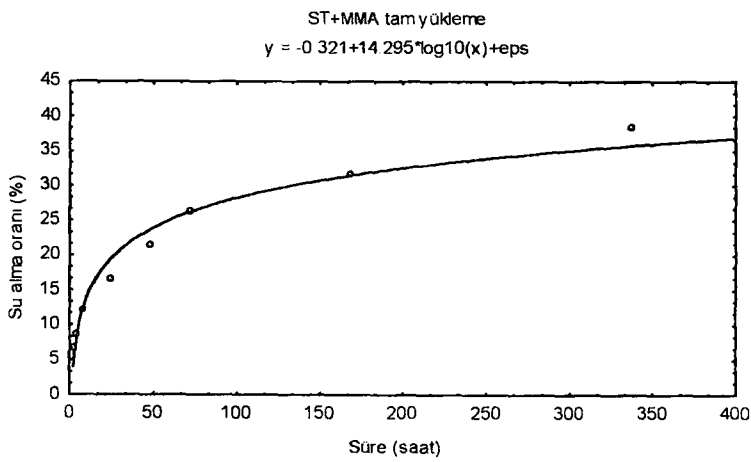
Şekil 41. Yarım yüklemde elde edilen su alma oranları



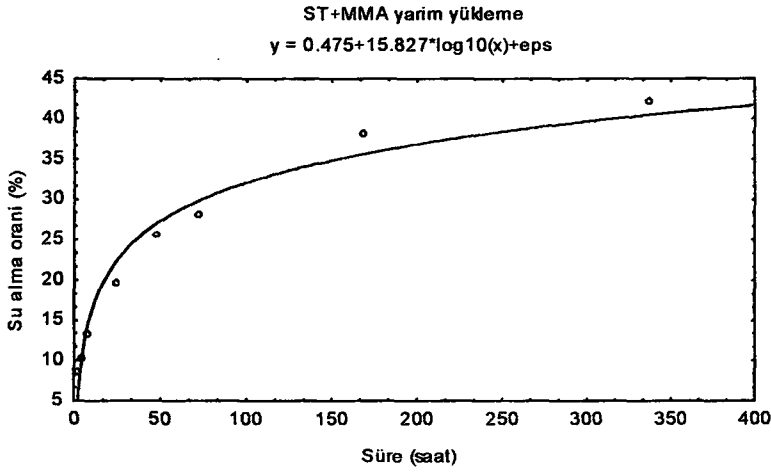
Şekil 42. Stiren tam yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki



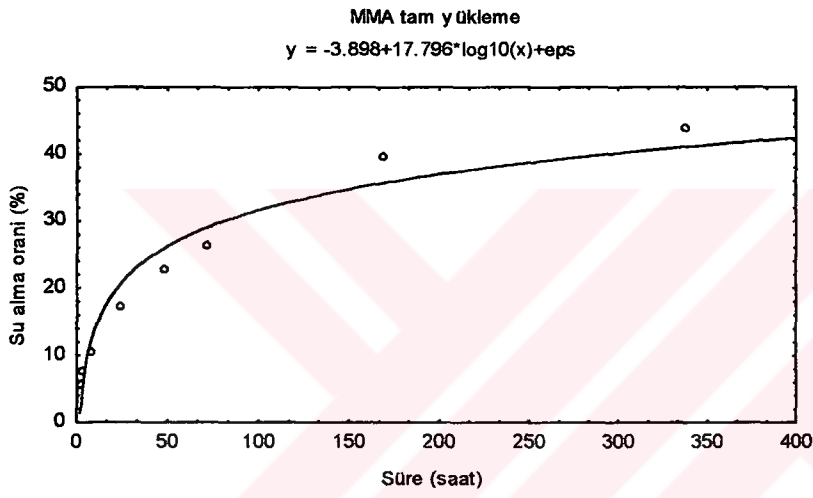
Şekil 43. Stiren yarım yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki



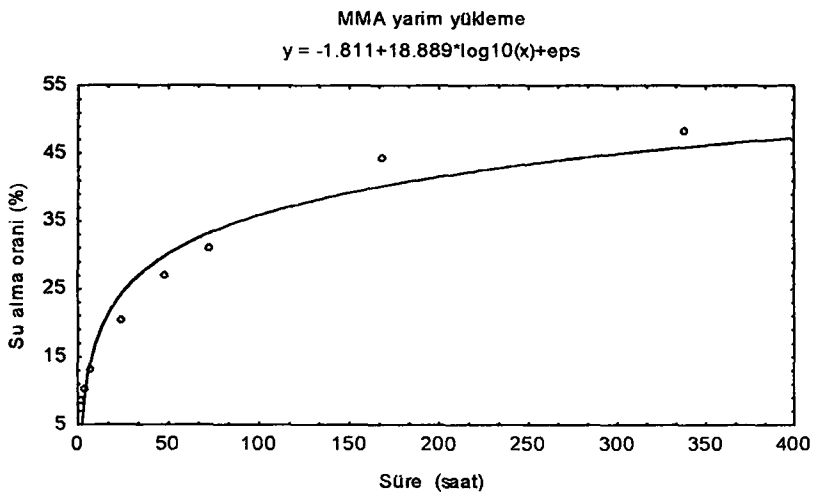
Şekil 44. Stiren+Metil metakrilat tam yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki



Şekil 45. Stiren+Metil metakrilat yarım yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki



Şekil 46. Metil metakrilat tam yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki



Şekil 47. Metil metakrilat yarım yükleme ile su alma oranı arasındaki ilişki

Tablo 26. Zaman periyotlarının monomer maddelerle karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Süre	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.	SIT *	STI **	STY *	STY **	ST+MMAT *	ST+MMAT **	ST+MMAY *	ST+MMAY **	MMAT *	MMAT **	MMAY *	MMAY **
2 SAAT	GA	31324.086	11	2847.6442	218.235	.0000	c	A	c	b	c	a	c	a	c	a	c	a
	Gl	1409.241	108	13.0485														
	T	32733.327	119															
4 SAAT	GA	45356.541	11	4123.3219	299.471	.0000	de	a	cd	b	c	a	de	a	e	a	de	a
	Gl	1487.016	108	13.7687														
	T	46843.557	119															
8 SAAT	GA	65878.988	11	5988.9989	428.149	.0000	de	a	c	b	c	a	cd	a	e	a	c	a
	Gl	1510.717	108	13.9881														
	T	67389.705	119															
24 SAAT	GA	97358.287	11	8850.7534	663.888	.0000	fg	a	ef	d	e	ab	g	bc	h	abc	g	c
	Gl	1439.824	108	13.3317														
	T	98798.111	119															
48 SAAT	GA	120417.26	11	10947.023	844.299	.0000	e	a	e	d	e	a	e	bc	f	ab	ef	c
	Gl	1400.31	108	12.966														
	T	121817.56	119															
72 SAAT	GA	136968.20	11	12451.654	999.999	.0000	f	a	ef	d	e	ab	e	b	e	ab	e	c
	Gl	1187.33	108	10.994														
	T	138155.53	119															
1 HAFTA	GA	150983.88	11	13725.807	999.999	.0000	g	a	f	e	f	b	h	c	h	c	h	d
	Gl	1372.53	108	12.709														
	T	152356.40	119															
2 HAFTA	GA	169859.29	11	15441.753	882.060	.0000	gh	a	f	e	fg	b	h	bc	h	c	i	d
	Gl	1890.70	108	17.506														
	T	171749.98	119															

* Kontrol grupları ** Test grupları

Tablo 27. Monomer maddelerin zaman periyotlarıyla karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Emprenye maddesi türü	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.	2 saat	4 saat	8 saat	24 saat	48 saat	72 saat	1 hafta	2 hafta
STT *	GA	51430.503	7	7347.2147	172.574	.0000	a	b	c	d	e	f	f	g
	Gİ	3065.347	72	42.5743										
	T	54495.850	79											
STT **	GA	6016.9032	7	859.55760	626.869	.0000	a	b	c	d	e	f	g	h
	Gİ	98.7259	72	1.37119										
	T	6115.6290	79											
STY *	GA	49414.656	7	7059.2366	349.527	.0000	a	b	c	d	e	f	f	g
	Gİ	1454.150	72	20.1965										
	T	50868.806	79											
STY **	GA	23796.321	7	3399.4744	309.962	.0000	a	b	c	d	e	f	g	h
	Gİ	789.652	72	10.9674										
	T	24585.973	79											
ST+MMAT *	GA	52144.503	7	7449.2148	663.463	.0000	a	b	c	d	e	f	f	g
	Gİ	808.400	72	11.2278										
	T	52952.903	79											
ST+MMAT **	GA	9122.6758	7	1303.2394	199.454	.0000	a	a	b	c	d	e	f	g
	Gİ	470.4502	72	6.5340										
	T	9593.1259	79											
ST+MMAY *	GA	62317.947	7	8902.5639	502.367	.0000	a	b	c	d	e	f	g	g
	Gİ	1275.928	72	17.7212										
	T	63593.875	79											
ST+MMAY **	GA	11186.917	7	1598.1311	185.686	.0000	a	a	b	c	d	d	e	f
	Gİ	619.676	72	8.6066										
	T	11806.594	79											
MMAT *	GA	58446.072	7	8349.4388	516.687	.0000	a	b	c	d	e	f	g	g
	Gİ	1163.489	72	16.1596										
	T	59609.561	79											
MMAT **	GA	14473.075	7	2067.5821	427.642	.0000	a	a	b	c	d	e	f	g
	Gİ	348.109	72	4.8348										
	T	14821.109	79											
MMAY *	GA	66778.542	7	9539.7917	727.718	.0000	a	b	c	d	e	f	g	h
	Gİ	943.861	72	13.1092										
	T	67722.403	79											
MMAY **	GA	16232.616	7	2318.9451	253.025	.0000	a	a	b	c	d	e	f	g
	Gİ	659.872	72	9.1649										
	T	16892.488	79											

* Kontrol grupları ** Test grupları

Tablo ve şekiller incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

2 saatlik suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı metil metakrilat tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%5,63) elde edilirken, en yüksek oran stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%15,81) gözlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren yarım yükleme düzeyi hariç diğer kimyasal madde grupları arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı belirlenmiştir.

4 saatlik suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı metil metakrilat tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%7,41) olarak elde edilirken, en yüksek oran stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%20,64) bulunmuştur. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren yarım yükleme düzeyi hariç diğer kimyasal madde grupları arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı belirlenmiştir.

8 saatlik suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı metil metakrilat tam yüklemede ile emprenye edilen örneklerde (%10,49) bulunurken, en yüksek oran stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%27,20) belirlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren yarım yükleme düzeyi hariç diğer kimyasal madde grupları arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı belirlenmiştir.

24 saatlik suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%15,56) elde edilirken, en yüksek oran stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%36,60) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda tüm kimyasal madde grupları arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılıklar belirlenmiştir.

48 saatlik suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%20,60) bulunurken, en yüksek oran stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%45,10) gözlemlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi

ve duncan testi sonucunda stiren tam yükleme ile ST+MMA tam yükleme arasında farklılık gözlenmezken diğer kimyasal madde grupları arasında farklılıklar tespit edilmiştir.

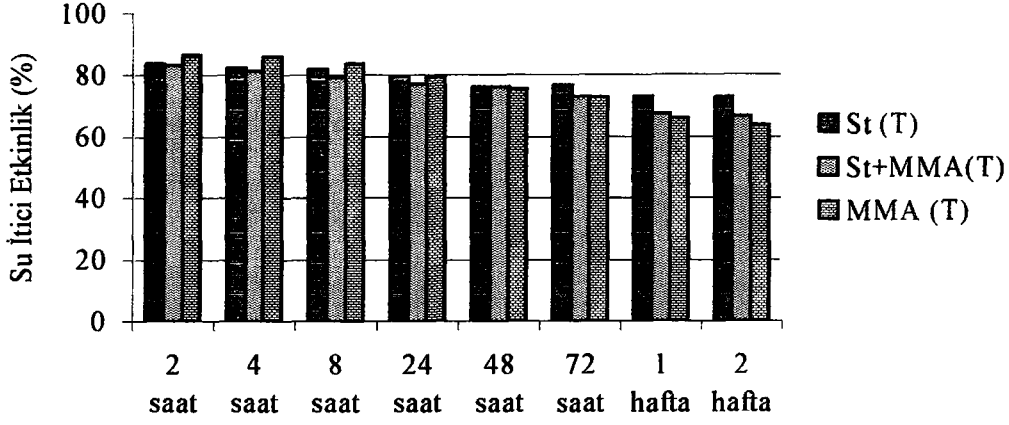
72 saatlik suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı stiren tam yükleme ile empenye edilen örneklerde (%23,51) belirlenirken, en yüksek oran ise stiren yarım yükleme ile empenye edilen örneklerde (%51,58) bulunmuştur. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda ST+MMA tam yükleme ile metil metakrilat tam yükleme arasında farklılık bulunmazken diğer kimyasal madde grupları arasında farklılık bulunmuştur.

1 haftalık suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı stiren tam yükleme ile empenye edilen örneklerde (%27,67) gözlemlenirken, en yüksek oran stiren yarım yükleme ile empenye edilen örneklerde (%59,56) belirlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda ST+MMA yarım yükleme ile metil metakrilat tam yükleme arasında farklılık gözlenmezken diğer kimyasal madde grupları arasında farklılık bulunmuştur.

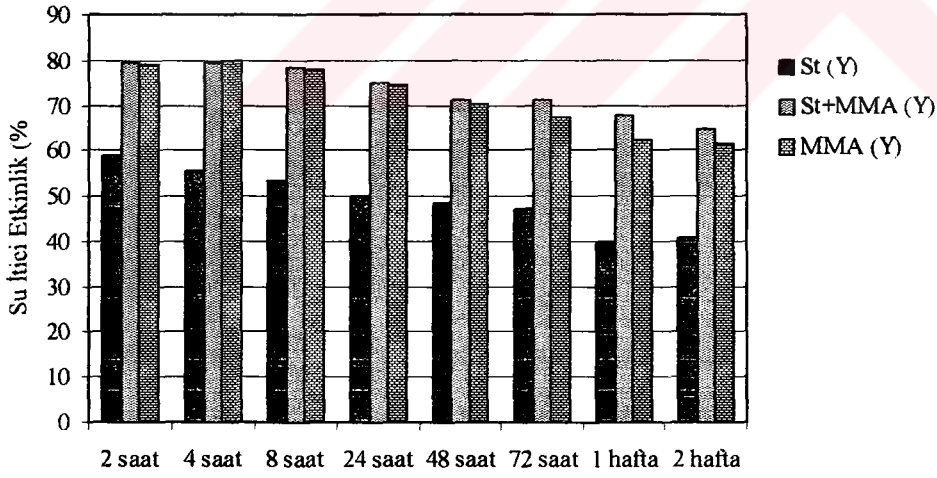
2 haftalık suda bekletme periyodunda; en düşük su alma oranı stiren tam yükleme ile empenye edilen örneklerde (%32,39) bulunurken, en yüksek stiren yarım yükleme ile empenye edilen örneklerde (%66,50) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda tüm kimyasal madde grupları arasında istatistiksel anlamda farklılıklar gözlemlenmiştir.

3.4.1.6.2. Su İtici Etkinlik

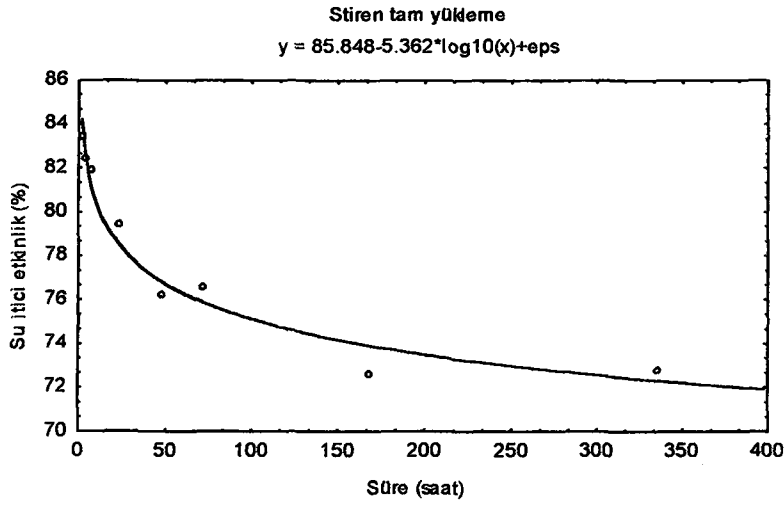
Bütün suda bekletme periyotlarında elde edilen su itici etkinlik (SİE) değerleri Tablo 25'de, grafiği Şekil 48'de ve 49'da verilmiştir. Empenye maddeleri ile su itici etkinlik arasındaki ilişki ise grafik 50, 51, 52, 53, 54, 55'de gösterilmiştir. Su itici etkinlik değerleri arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi ve duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 28 ve 29'da verilmiştir.



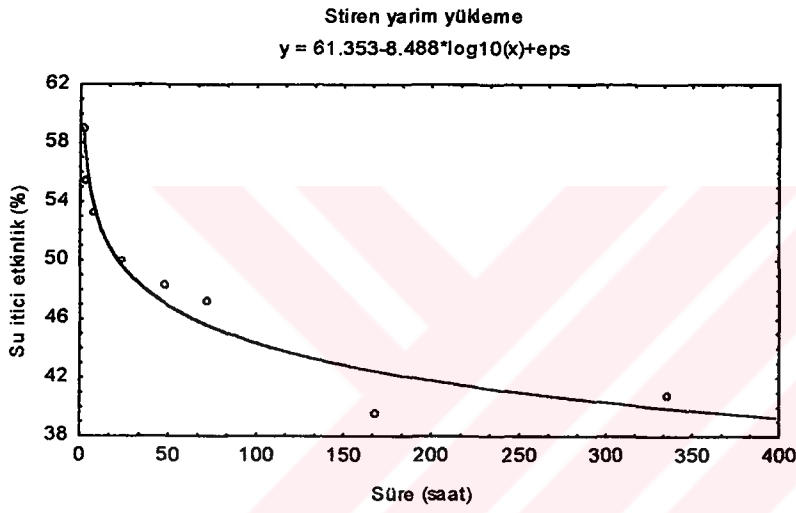
Şekil 48. Tam yüklemde elde edilen su itici etkinlik değerleri



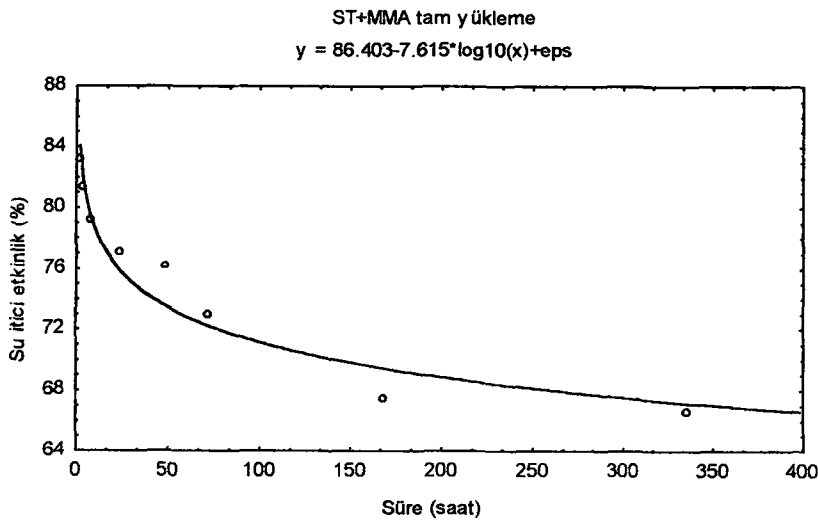
Şekil 49. Yarım yüklemde elde edilen su itici etkinlik değerleri



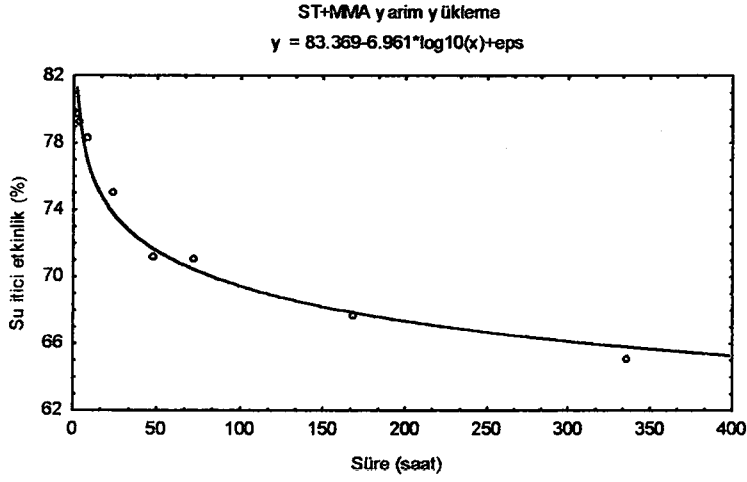
Şekil 50. Stiren tam yüklem ile su itici etkinlik arasındaki ilişki



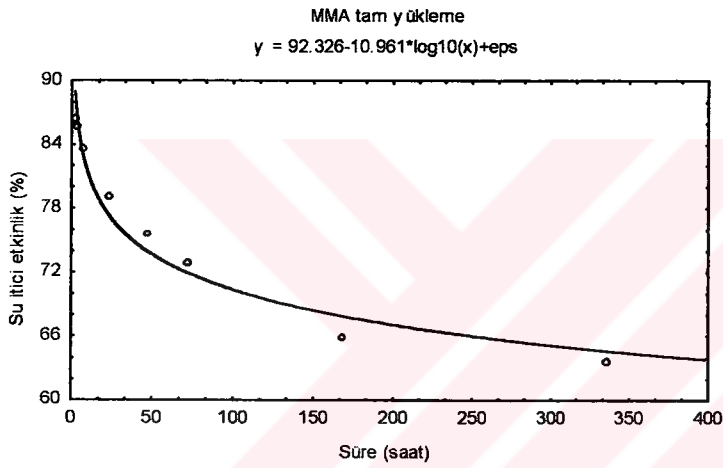
Şekil 51. Stiren yarım yüklem ile su itici etkinlik arasındaki ilişki



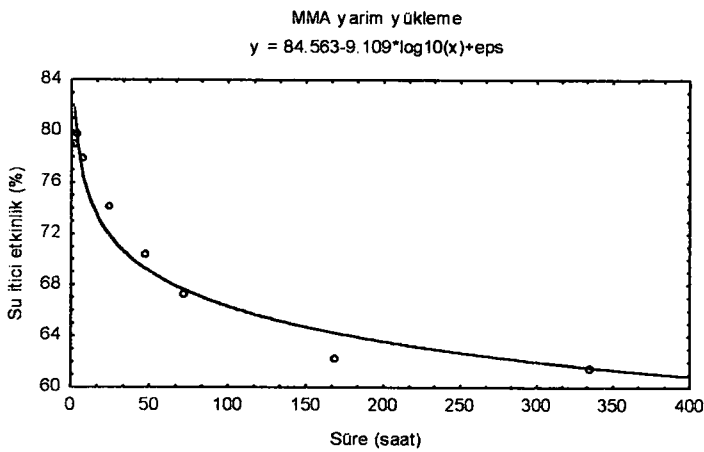
Şekil 52. Stiren+Metil metakrilat ile su itici etkinlik arasındaki ilişki



Şekil 53. Stiren+Metil metakrilat yarım yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki



Şekil 54. Metil metakrilat yarım yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki



Şekil 55. Metil metakrilat yarım yükleme ile su itici etkinlik arasındaki ilişki

Tablo 29. Monomer maddelerin zaman periyotlarıyla karşılaştırılmasına ilişkin basit varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Emprenye maddesi türü	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.	2 saat	4 saat	8 saat	24 saat	48 saat	72 saat	1 hafta	2 hafta
ST Tam yükleme	GA	1252.4796	7	178.92565	39.444	.0000	d	d	d	c	b	b	a	a
	Gİ	326.6101	72	4.53625										
	T	1579.0896	79											
ST Yarım yükleme	GA	3257.4416	7	465.34880	9.835	.0000	d	cd	bcd	bc	b	b	a	a
	Gİ	3406.8559	72	47.31744										
	T	6664.2975	79											
ST+MMA Tam yükleme	GA	2649.9807	7	378.56867	44.840	.0000	f	ef	de	cd	c	b	a	a
	Gİ	607.8698	72	8.44264										
	T	3257.8505	79											
ST+MMA Yarım yükleme	GA	2165.4567	7	309.35096	22.062	.0000	d	d	cd	c	b	b	ab	a
	Gİ	1009.5921	72	14.02211										
	T	3175.0488	79											
MMA Tam yükleme	GA	5391.2135	7	770.17336	122.997	.0000	g	fg	f	e	d	c	b	a
	Gİ	450.8424	72	6.26170										
	T	5842.0560	79											
MMA Yarım yükleme	GA	3673.5961	7	524.79944	32.611	.0000	d	d	d	c	b	b	a	a
	Gİ	1158.6709	72	16.09265										
	T	4832.2670	79											

Tablo ve şekiller incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

2 saatlik suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; metil metakrilat tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%86,48) elde edilirken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%59,01) bulunmuştur. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren tam yükleme ile MMA tam yükleme arasında ve ST+MMA yarım yükleme ile MMA yarım yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılıklar olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

4 saatlik suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; metil metakrilat tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%85,78) bulunurken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%55,51) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren tam yükleme ile MMA tam yükleme arasında ve ST+MMA yarım yükleme ile MMA yarım yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılıklar olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

8 saatlik suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; metil metakrilat tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%83,63) bulunurken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%53,33) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda ST+MMA tam yükleme, ST+MMA yarım yükleme ve MMA yarım yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

24 saatlik suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%79,55) bulunurken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%49,99) gözlemlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren tam yükleme ile MMA tam yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılıklar olduğu bulunmuştur.

48 saatlik suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%76,16) elde edilirken; en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%48,23) belirlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren tam, ST+MMA tam yükleme ve MMA tam yükleme arasında ile ST+MMA yarım yükleme ile MMA yarım yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir.

72 saatlik suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%76,55) elde edilirken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%47,16) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda ST+MMA tam yükleme, ST+MMA yarım yükleme ve MMA tam yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılık olduğu belirlenmiştir.

1 haftalık suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%72,55) bulunurken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%39,45) belirlenmiştir. Yapılan basit

varyans analizi ve duncan testi sonucunda ST+MMA tam yükleme, ST+MMA yarım yükleme ve MMA tam yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılık olduğu belirlenmiştir.

2 haftalık suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri; stiren tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%72,72) belirlenirken, en düşük değer stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%40,73) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyans ve duncan testi sonucunda ST+MMA tam yükleme ile ST+MMA yarım yükleme arasında %5 yanılma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılıklar olmadığı, diğer kimyasal maddeler arasında ise farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Yıldız kısa süreli suda bekletme (2, 4, 8 saat) deneyinde elde edilen su itici etkinlik (SİE) değerini melez kavak-polimer kompozitlerinde, % 66-91, sahil çamı-polimer kompozitlerinde % 70-92 arasında değiştiğini belirlemiştir (22). Su iticilik değerleri incelendiğinde bu değerlerin etkinlik bakımından yüksek olması polimer yükü bakımından yüksek olmasıyla ilgili olduğu söylenebilir. Çünkü polimer miktarı azaldıkça su itici etkinlik değeri de azalmaktadır

Yıldız orta süreli suda bekletme (24, 48, 72 saat) deneylerinde elde edilen su itici etkinlik (SİE) melez kavak-polimer kompozitlerinde, % 59-85, sahil çamı-polimer kompozitlerinde % 53-80 arasında değiştiğini belirlemiştir (22).

Yıldız uzun süreli suda bekletme (1 hafta, 2 hafta) deneylerinde elde edilen su itici etkinlik (SİE) melez kavak-polimer kompozitinde %54-82, sahil çamı-polimer kompozitinde ise % 45-80 arasında değiştiğini tespit etmiştir (22).

3.5. Mekanik Özellikler

3.5.1. Liflere Paralel Basınç Direnci

Kontrol ve emprenye edilmiş örneklerin liflere paralel basınç değerleri Tablo 30'da ve grafiği ise Şekil 56'da verilmiştir. Liflere paralel basınç direnci değerlerinde farklılık olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi ve duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 32'de verilmiştir. Liflere paralel basınç direnci artış oranları ise Tablo 31'de ve grafiği ise Şekil 57'de verilmiştir. Liflere paralel basınç direnci artış değerleri arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi ve duncan testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 33'de verilmiştir.

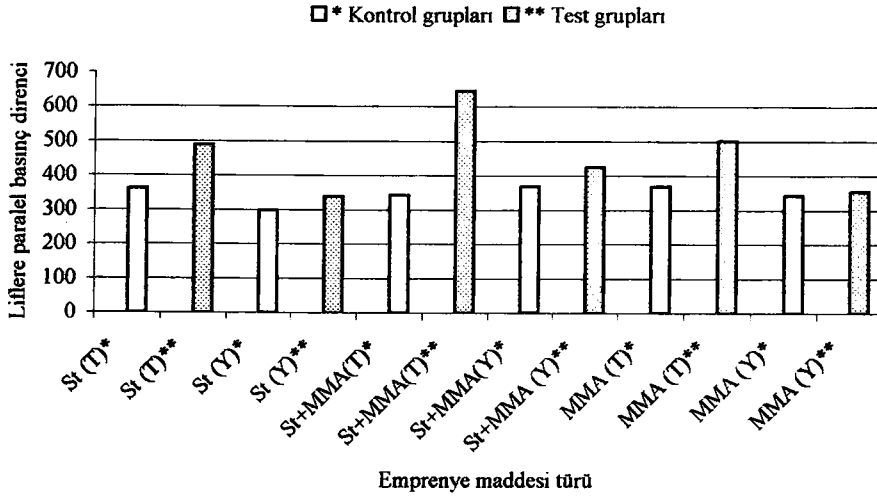
Tablo 30. Liflere paralel basınç direnci değerleri

Emprenye maddesi türü	Liflere paralel basınç (kp/cm ²)	St. sp	HG
Stiren (Tam)*	360,78	16,94	ab
Stiren (Tam)**	489,13	140,63	c
Stiren (Yarım)*	297,71	22,09	a
Stiren (Yarım)**	338,55	81,49	a
St+MMA (Tam)*	342,66	24,37	a
St+MMA (Tam)**	645,13	113,44	d
St+MMA (Yarım)*	368,95	34,55	ab
St+MMA (Yarım)**	424,09	26,71	b
MMA (Tam)*	367,81	89,53	ab
MMA (Tam)**	501,98	63,77	c
MMA (Yarım)*	342,37	34,44	a
MMA (Yarım)**	353,47	31,48	a

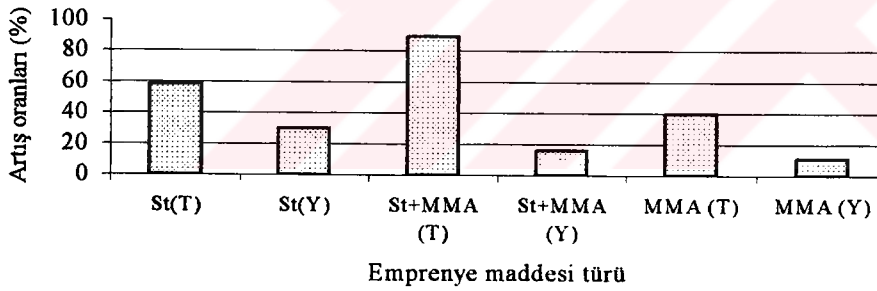
*: Kontrol grubu **: Test grubu

Tablo 31. Liflere paralel basınç direnci artış değerleri

Emprenye maddesi türü	Ortalama X	Standart Sapma σ	HG
Stiren (Tam)	58,42	33,19	c
Stiren (Yarım)	29,81	11,95	ab
St+MMA (Tam)	89,32	35,61	d
St+MMA (Yarım)	15,52	8,94	ab
MMA (Tam)	39,52	21,72	bc
MMA (Yarım)	10,68	5,75	a



Şekil 56. Liflere paralel basınç direnci değerleri



Şekil 57. Liflere paralel basınç direnci artış değerleri

Tablo 32. Liflere paralel basınç direnci ve artış oranlarına ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Özellik	VK	KT	SD	KO	Fh	Ö.D.
Basınç Direnci	GA	1013063.4	11	92096.670	19.940	.0000
	Gİ	480345.2	104	4618.704		
	T	1493408.6	115			
Basınç Direnci Artışı	VK	38693.556	5	7738.7112	14.342	.0000
	GA	22662.111	42	539.5741		
	Gİ	61355.667	47			

Tablo ve şekiller incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Test grupları içinde en yüksek liflere paralel basınç direnci değeri, ST+MMA tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde ($645,13 \text{ kp/cm}^2$) elde edilirken, en düşük değer ise stiren yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde ($338,55 \text{ kp/cm}^2$) tespit edilmiştir. Yapılan basit varyasyon ve duncan testi sonucunda kontrol grupları ve Stiren yarım yükleme ile MMA yarım yükleme arasında istatistiksel anlamda fazla bir farklılık olmadığı %5 yanlışma olasılığı ile tespit edilirken, stiren tam yükleme ile metil metakrilat tam yükleme arasında da istatistiksel anlamda farklılık belirlenmemiştir.

Liflere paralel basınç direnci artış oranları dikkate alındığında en yüksek artış oranları ST+MMA tam yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%89,32) bulunurken, en düşük artış oranı metil metakrilat yarım yükleme ile emprenye edilen örneklerde (%10,68) belirlenmiştir. Yapılan basit varyans analizi ve duncan testi sonucunda stiren yarım yükleme ile ST+MMA yarım yükleme arasında %5 yanlışma olasılığı ile istatistiksel anlamda farklılık belirlenmezken diğer kimyasal maddeler arasında farklılık tespit edilmiştir.

Ortalama liflere paralel basınç direnci kontrol örneklerinde 346.71 kp/cm^2 olarak bulunmuştur. Kızılağaç konusunda çalışan araştırmacılardan Güller bu değeri 423 kp/cm^2 (73), Bozkurt 460 kp/cm^2 (63) ve Gürsu 458 kp/cm^2 olarak belirlemiştir (76). Bulunan liflere paralel basınç direnci değeri literatür değerlerinden düşük çıkmıştır.

Kızılağaç-polimer kompozitinde ise bu değer $338.55-645.13 \text{ kp/cm}^2$ olarak belirlenirken Bu konuda çalışan Yıldız ise melez kavak-polimer kompozitinde bu değeri $352-545 \text{ kp/cm}^2$, Sahil çamı-polimer kompozitinde ise $413-625 \text{ kp/cm}^2$ olarak belirlemiştir (18).

4. SONUÇLAR

Sakallı Kızılağaç [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.] odununun bazı borlu bileşikler, su itici ve doğal sepi maddeleri ile emprenye edilmek suretiyle; fiziksel ve mekanik özelliklerdeki artış oranları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bulgular istatistik yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

Emprenye maddelerinin kullanımdan önce ve sonrasında ölçülen pH değer ve yoğunluklarında önemli ölçüde değişimler olmamıştır. Bu durum her emprenye varyasyonunda taze çözeltiyle çalışmaktan kaynaklanmıştır.

En yüksek pH değeri Sodyum perborat çözeltisinde (10.61) elde edilirken, en düşük değer Fosforik asit çözeltisinde 2.11 tespit edilmiştir.

Retensiyon miktarları incelendiğinde: en yüksek retensiyon miktarı PEG-400 çözeltiyle (557.26 kg/m³) emprenye edilen örneklerde tespit edilmiş olup, bunu Vacsol ve Immersol-WR ile emprenye edilen örneklerin retensiyon miktarı izlemiştir. En düşük retensiyon miktarı ise Sodyum perborat ile emprenye edilen örneklerde (17.79 kg/m³) gerçekleşmiştir.

Retensiyon oranları bakımından ise; yine en yüksek retensiyon oranı PEG-400 ile (%95.28) emprenye edilen örneklerde tespit edilirken, bu değeri Stiren (tam yükleme) (%93.21) ile emprenye edilen örnekler takip etmiştir. En düşük retensiyon oranı Sodyum perborat ile emprenye edilen örneklerde (% 1.82) elde edilmiştir. Bu durumun çözelti konsantrasyonunun düşüklüğünden kaynaklandığı söylenebilir.

Örneklerin monomer absorpsiyonunda en yüksek değer Metil metakrilat (yarım yükleme) (% 111.60) ile emprenye edilen örneklerde elde edilirken, en düşük değer ise, Stiren (tam yükleme) ile emprenye edilen örneklerde (%81.42) belirlenmiştir.

Monomer miktarında en yüksek değer metil metakrilat (yarım yükleme) (8.29 gr) ile empenye edilen örneklerde elde edilirken, en düşük değer ise Stiren (tam yükleme) (5.94 gr) ile empenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

Net polimer miktarı bakımından ise en yüksek değer Stiren (tam yükleme) (6.55 gr) ile empenye edilen örneklerde bulunurken, en düşük değer ise Stiren (yarım yükleme) (2.97 gr) ile empenye edilen örneklerde elde edilmiştir.

Monomerin polimere dönüşme oranında (MPDO) en yüksek değer Stiren (tam yükleme) (%94.24) ile empenye edilen örneklerde belirlenirken, en düşük değer ise Stiren (yarım yükleme) (%43.27) ile empenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

Polimer yükü bakımından en yüksek değer Stiren (tam yükleme) (%94.24) ile empenye edilen örneklerde tespit edilirken, en düşük değer ise Stiren (yarım yükleme) (%44.94) ile empenye edilen örneklerde bulunmuştur.

Yanma deneyi sonucunda en az ağırlık kaybı % 42.46'lık kayıp oranıyla yangın önleyici olarak bilinen Fosforik asit ile empenye edilen örneklerde elde edilmiştir. Bu sonuç borlu bileşikler ile empenye edilen örneklerden daha olumludur.

Alev kaynaklı yanmada elde edilen en yüksek sıcaklık değeri Stiren tam yükleme ile empenye edilen örneklerde (720.15 °C) elde edilmiş olup en düşük değeri ise Boraks çözeltisiyle yapılan empenyede (224.58 °C) tespit edilmiştir.

Kendi kendine yanmada en yüksek sıcaklık değeri Tanalith-CBC (923.55 °C) ile empenye edilen örneklerde belirlenirken, en düşük sıcaklık Fosforik asit (253.66 °C) ile empenye edilen örneklerde bulunmuştur.

Kor halinde yanmada elde edilen en yüksek sıcaklık değeri ise ST+MMA tam yükleme (270.40 °C) ile empenye edilen örneklerde belirlenirken, en düşük değer ise Sumak+Boraks (103.08 °C) çözeltisiyle empenye edilen örneklerde bulunmuştur. Fosforik asitte ise Kor halinde yanma görülmemiştir.

Tüm emprenyeli örneklerde kendi kendine yanma süresi kontrol örneğinden daha uzun sürmüştür. Bu durum yanma sırasında emprenye edilmiş örneklerin daha uzun süre dayanarak can ve mal kurtarılmasına imkan ve yangına müdahale için süre sağlasa da, kendi kendine yanma süresi, Ağırlık kaybı ve yanma kayıp ağırlığı ile birlikte değerlendirilmelidir. Zira kendi kendine yanma süresinin uzunluğu önemli ise de, bu süre sonunda tüm malzeme yanıp tükeniyorsa yanmayı önleyici etkinlik sağlanamayacaktır. Kendi kendine yanma süresi bakımından en uzun süre 720 sn ile Kızılçam kabuğu+(Boraks+Borik asit) çözeltisiyle emprenye edilen örneklerde elde edilirken, en düşük süre ise 180 sn ile Boraks ve Sumak çözeltisiyle emprenye edilen örneklerde belirlenmiştir.

Kor halinde yanma süresi bakımından en uzun süre 1080 sn ile Valeks+(Borik asit+Boraks) çözeltisiyle emprenye edilen örneklerde bulunurken, en kısa süre ise 300 sn ile Kızılçam kabuğu+Boraks ve Tanalith-CBC ile emprenye edilen örneklerde bulunmuştur.

Alev kaynaklı yanma aşamasında elde edilen ışık yoğunluklarında en yüksek ışık yoğunluğu Mazı+Borik asit, Mazı+(Borik asit+Boraks) ve Sumak+Borik asit ile (1000 lüx) emprenye edilen örneklerde elde edilirken, en düşük Immersol-WR çözeltisiyle emprenye edilen örneklerde (695.83 lüx) bulunmuştur.

Kendi kendine yanma aşamasında elde edilen ışık yoğunluklarında en yüksek ışık yoğunluğu Boraks çözeltisiyle (950 lüx) emprenye edilen örneklerde, en düşük ST+MMA (yarım yüklemede) (577.27 lüx) ile emprenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

Kontrol örneklerinde tam kuru özgül ağırlık değeri 0.510 gr/cm^3 olarak, Odun-Polimerli örneklerde ise bu değer $0.710-0.950 \text{ gr/cm}^3$ arasında tespit edilmiştir.

2 saat süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Metil metakrilat (tam yükleme) (%86.48) ile emprenye edilen örneklerde belirlenirken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%59.01) ile emprenye edilen örneklerde bulunmuştur.

4 saat süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Metil metakrilat (tam yükleme) (%85.78) ile empenye edilen örneklerde bulunurken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%55.51) ile empenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

8 saat süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Metil metakrilat (tam yükleme) (%83.63) ile empenye edilen örneklerde belirlenirken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%53.33) ile empenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

24 saat süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Stiren (tam yükleme) (%79.55) ile empenye edilen örneklerde bulunurken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%49.99) ile empenye edilen örneklerde belirlenmiştir.

48 saat süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Stiren (tam yükleme) (%76.16) ile empenye edilen örneklerde elde edilirken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%48.23) ile empenye edilen örneklerde belirlenmiştir.

72 saat süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Stiren (tam yükleme) (%76.55) ile empenye edilen örneklerde bulunurken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%47.16) ile empenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

1 hafta süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Stiren (tam yükleme) (%72.55) ile empenye edilen örneklerde bulunurken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%39,45) ile empenye edilen örneklerde belirlenmiştir.

2 hafta süreli suda bekletme periyodunda en yüksek su itici etkinlik değeri Stiren (tam yükleme) (%72,72) ile empenye edilen örneklerde belirlenirken, en düşük değer Stiren (yarım yükleme) (%40,73) ile empenye edilen örneklerde tespit edilmiştir.

Liflere paralel basınç direnci değeri kontrol örneklerinde 346.71 kp/cm^2 olarak bulunurken, odun-polimerli örneklerde ise bu değer $338.55-645.13 \text{ kp/cm}^2$ arasında tespit edilmiştir.

Liflere paralel basınç direncindeki artışlar incelendiğinde ise en yüksek değeri ST+MMA (tam yükleme) %89.32 ile empenye edilen örneklerde bulunurken, en düşük değeri ise % 10.68 ile metil metakrilat (yarım yükleme) ile empenye edilen örneklerde elde edilmiştir.



5. ÖNERİLER

Fiziksel ve mekanik özelliklerdeki artış oranları göz önüne alınırsa, tek bir emprenye ve polimerleştirme işlemiyle bir çok özellikleri iyileştirilen Kızılağaç gibi hızlı büyüyen türün odun-polimer kompoziti halinde parke, doğrama, merdiven trabzanı, mobilya ara elemanı, veranda-pergola, duvar paneli gibi yeni kullanım yeri alternatifleri bulmaları mümkün olabilecektir.

Vinil monomerlerle emprenye edilen örneklerde elde edilen yüksek orandaki su itici etkinlik değerleri; uygulamada ağaç malzemenin suyla temas ettiği yerlerde fiziksel ve mekanik özelliklerini kontrol etme bakımından önemli avantajlar sağlanabilir. Bu konuda farklı monomerler kullanılarak araştırmalar yapılabilir.

Monomerin benzenle karıştırılmadan kullanıldığı tam yükleme uygulaması, bir çok özellik bakımından en yüksek iyileştirme oranları vermiştir. Gerek tüketilen monomer miktarını azaltmak, gerekse monomerin hücreli yapı içinde homojen dağılımını sağlamak açısından önemli katkılarda bulunabileceği için benzenin monomer çözeltisine katılması yoluyla emprenye edilecek örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılabilir.

Ülkemizde yeni bir konu olan odun-polimer kompozitlerine ait daha detaylı araştırmaların yapılmasıyla odun-su ilişkilerinden kaynaklanan olumsuz etkilerin azaltılabileceği göz önüne alınmalıdır.

Düşük pH değerlerine sahip asidik karakterdeki çözeltilerle emprenye edilen ağaç malzemelerde meydana gelen direnç azalma nedenleri araştırılmaya açıktır.

Odunun mekanik direnç özellikleri üzerine asidik karakterdeki çözeltilerin olası etkileri dikkate alındığında, en düşük pH değerine sahip çözeltilerin bu anlamda araştırılmaya açık olduğu belirlenmiştir. Direnç değerlerinde aşırı düşüş meydana getiren asidik karakterli emprenye maddeleri ve çözeltilerin, odun hücre çeperi maddeleri üzerindeki olumsuz etkilerinin, gerek emprenye maddesinin formülasyonu ve gerekse

çözeltilerin hazırlanması sırasında pH ayarlaması yapılmak suretiyle en aza indirgenmesi yoluna gidilebilir. Su itici maddelerin; pH değerinin asidik bölgede olmasına karşılık, odundaki direnç değerleri üzerine olumsuz etkide bulunmadığı, aksine odun içinde polimerleşen bu maddelerin direnç değerlerini yükselttikleri tespit edilmiştir.

Destile suda çözündürülerek hazırlanmış çözeltilerin, retensiyon oranlarının diğer çözücülerle hazırlanmış emprenye maddelerine göre belirgin derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle retensiyon oranları üzerinde belirleyici etkenin çözücü madde olabileceği söylenebilir.

Borlu bileşiklerin sulu çözeltileri yanma özellikleri bakımından olumlu sonuçlar vermiştir. Borun retensiyonunun artması, yanmayı önleyici etkiyi arttırmıştır. Bu nedenle, borlu bileşiklerin farklı konsantrasyonlardaki sulu çözeltileri ile yapılacak emprenyeler sonucunda gerçekleşecek retensiyon farklılıklarının yanmayı önleyici etkileri araştırılabilir.

Borik asit ve Boraksın yanmayı önleyici etkisi bu iki maddenin karışım halinde kullanılmaları durumunda iyileşmekte ve bireysel kullanımdaki sakıncalar ortadan kalmaktadır. Borik asit ve boraksın farklı karışım oranları ve farklı konsantrasyonda hazırlanacak sulu çözeltilerinin yanmayı önleyici etkisi araştırılabilir.

Borik asit+Boraks çözeltisi, su itici maddelerin (SİM) yanmadaki olumsuz etkisini azaltmışlardır. Su itici maddeler yanma sırasında odunun uzun süre direncini muhafaza ederek örneklerin yıkılmasını önlemişlerdir. Bu nedenle borlu bileşiklerin biyolojik zararlılara ve yangına karşı koruyucu etkinliği ile su itici maddelerin boyutsal kararlılığı ve direnç arttırıcı etkilerinin birlikte kullanılması yönünde çalışmalar önerilebilir.

Doğal sepi maddeleriyle emprenye edilen örneklerde yanma sırasında ortaya çıkan olumsuz özellikleri farklı konsantrasyonlardaki Borlu bileşiklerle ikili emprenye edilmek suretiyle giderilebilir.

Doğal sepi maddelerinin (Mazı, Sumak, Valeks ve Kızılçam kabuğu) Kızılağaç odununun yanma özellikleri üzerine etkisi araştırılmış olup bu maddelerin odundan yıkanması konusu üzerine araştırmalar yapılabilir.

Doğal sepi maddelerinin farklı konsantrasyonlardaki sulu çözeltileri ile yapılacak emprenyeler sonucunda gerçekteşecek retensiyon farklılıklarının yanmayı önleyici etkileri araştırılabilir.

Doğal sepi maddelerinin odundan yıkanmasını engellemek amacıyla su itici maddelerle ikili emprenye edilmek suretiyle yıkanmanın azaltılması konusunda araştırmalar yapılabilir.



6. KAYNAKLAR

1. Bozkurt, Y., Ağaç Teknolojisi, İ. Ü. Yayın No: 3403, Orman Fakültesi Yayın No: 380, s. 220, Taş Matbaası, İstanbul, 1986.
2. Rowell, R. M. and Konkol, P., Treatments That Enhance Physical Properties of Wood, Gen. Tech. Rep. , FPL-GTR-55, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, 1987.
3. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi, I. Cilt, Kurtulmuş Matbaası, İstanbul, 1970.
4. Duman, N., Ökten, S., Ahşap Yapı Dersleri I, Yapı-Endüstri Merkezi Teknik Yayınları, Tunç Matbaacılık, İstanbul, 1988.
5. Saraçoğlu, N., Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt.) Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1988.
6. Örs, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, I Kısım Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No : 126, Trabzon 1986.
7. Hafizoğlu, H., Orman Ürünleri Kimyası, Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 52, Trabzon 1982.
8. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi, II. Cilt, Sermet Matbaası, İstanbul, 1972.
9. Rowell, R. M. and Banks, W. B., Water Repellency and Dimensional Stability of Wood, Forest Product Laboratory, General Technical Report FPL-50, Madison, 1985.
10. Stamm, A. J., Dimensional Stabilization of Wood with Carbowaxes, Forest Products Journal, 6, 5 (1956) 201-204.
11. Stamm, A. J., Effect of Polyethylene glycol on the Dimensional Stability of Wood, Forest Products Journal, 9, 10 (1959) 375-381.
12. Stamm, A. J., and Sebory, R. M., Resin Treated Wood (Impreg), Forest Products Laboratory Report, 1380, Medison, WT, USA, Forest Service, 1943.

13. Rowell, R. M. and R. L. Dimensional Stabilization of Wood in Use, USA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, 1981.
14. Tarkhow H., and Stamm, A. J., Effect of Formaldehyde Treatments upon the Dimensional Stabilization of Wood, Journal of Forest Prod. Res. Soc., 3, 3 (1953) 33-37.
15. Subramanian, R. V., Bioactive Wood-Polymer Composites, American Chemical Society, (1984).
16. Burmester, A., Tests for Wood Treatment with Monomeric Gas of Formaldehyde Using Gamma Rays, Holzforshung, 21 (1967) 13-20.
17. Schneider, M. H., Wood-Polymer Composites, Wood and Fiber Science, 26, 1 (1994) 142-151.
18. Yıldız, Ü. C., Bazı Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun-Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.
19. Meyer, J. A., Wood-Polymer Composites and Their Industrial Applications, ACS Symp. Ser. No: 43, Wood Tech. Chem. Aspects, (1977) 301-325.
20. Meyer, J. A., Industrisal Use of Wood-Polymer Materials State of Art, Forest Products Journal, 32, 1 (1982) 24-29.
21. Meyer, J. A., Wood-Polymer Materials, p. 257-289, In R. Rowell ed. The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series 207, American Chemical Society, Washington D. C., 1984.
22. Stamm, A. J., Dimensional Changes of Wood and Their Control, In I. S. Goldstein, ed. Wood Technology; Chemical Aspects, Advances in Chemistry Series 43, American Chemical Society, Washington D. C., 1977.
23. Meyer, J. A., Wood-Polymer Materials, State of Art, Wood Science, 14, 2 (1981) 49-54.
24. Kenaga, D. L., Fennessey, J. P. and Stannet, V.T., Radiation Grafting of Vinyl Monomers to Wood, Forest Products Journal, 12, 4 (1962) 161-168.
25. Subramanian, R. V., Biologically Active Organotion Polymers, Macromolecules As Drups and As Carriers for Biologically Active Materials, Vol. 446, New York, 1985.

26. Autio, T. and MiETTien, J. K., Experiments in Finland on Properties of Wood-Polymer Combinations, Forest Products Journal, 20, 3 (1970) 36-42.
27. İKizler, A., Organik Kimyaya Giriş, K.T.Ü., Fen-Edebiyat Fakültesi Yayın No: 4, Trabzon, 1985.
28. Baysal, B., Polimer Kimyası, I. Cilt, O.D.T.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Yayın No: 33, Ankara, 1981.
29. Bryant, B. S., The Chemical Modification of Wood from The Point of View of Wood Science and Economics, Forest Products Journal, 16, 21 (1966) 20-27.
30. Witt, A. E., Acrylic Wood in the United States, Radiant Physic Chemistry, 18, 1-2 (1981) 67-80.
31. Young, R. A. and Meyer, J. A., Heartwood and Sapwood Impregnation with Vinyl Monomers, Forest Products Journal, 18, 4 (1968) 66-68.
32. Schneider, M. H., and Brebner, I., Wood-Polymer Combinations: The Chemical Modification of Wood by Alcoxysilane Coupling Agents, Wood Science Technology, 19, (1985) 67-73.
33. Erickson, H. D. and Balatinecz, J. J., Liquid Flow Paths Into Wood Using Polymerizasyon Techniques-Duglas Fir and Styrene, Forest Products Journal, 14, 7 (1964) 293-299.
34. Wilkinson, J. G., Industrial Timber Preservation, First Edition, Associated Business Press, London, 1979.
35. Kinell, P. Ö. and Aagaard, P., Status and Technology of Polymer Containing Fibrous Materials in The Western Hemisphere, Swedish Research Council Laboratory Reports, Stocholm, 1969.
36. Mathias, J. L., Lee, S., Wright, R. J. and Warren, C. S., Improvment of Wood Properties by Impregnation with Multifunctional Monomers, Journal of Applied Polymer Science, 42 (1991) 55-67.
37. Siau, J. F., Transport Processes in Wood, Springer Verlag, Berlin, Germany, 1984.
38. Kenaga, D. L., The Heat Cure of High Boiling Styrene Type Monomers in Wood, The Dow Chemical Company, Midland, 1969.

39. Duran, J. A. and Meyer, J. A., Exothermic Heat Released During Catalytic Polymerization of Basswood-Methyl Methacrylate Composites, Wood Science and Technology, 6 (1972) 59-66.
40. Meyer, J. A., Treatment of Wood-Polymer Systems Using Catalyst-Heat Techniques, Forest Products Journal, 15, 10 (1965) 362-364.
41. Siau, J. F., Meyer, J. A. and Skaar, L. A., Review of Developments in Dimensional Stabilization of Wood Using Radiation Techniques, Forest Products Journal, 15, 4 (1965) 162-166.
42. Kenaga, D. L., Fennessey, J. P. and Stannett, V. T., Radiation Grafting of Vinyl Monomers to Wood, Forest Products Journal, 12, 4 (1962) 161-168.
43. Loos, W. E., Dimensional Stability of Wood-Plastic Combinations to Moisture Changes, Wood Science Technology, 2, 4 (1968) 308-313.
44. Subramanian, R. V., Bioactive Wood-Polymer Composites, The Chemistry of Solid Wood, American Chemical Society, 293-305, 1983.
45. Rowell, R. M., Moisuk, R. and Meyer, J. A., Wood-Polymer Composites: Cell Wall Grafting with Alkylene Oxides and Lumen Treatments with Metyl Methacrylate , Wood Science, 15, 2 (1982) 90-96.
46. Langwig, J. E., Meyer, J. A and Davidson, R. W., Influence of Polymer Impregnation on Mechanical Properties of Basswood, Forest Products Journal, 18, 7 (1968) 33-36.
47. Siau, J. F., Davidson, R. W., Meyer, J. A. and Shaar, C., A Geometrical Model for Wood-Polymer Composites, Wood Science, 1, 2 (1968) 116-128.
48. Schneider, M. H., Phillips, J. G., Tingley, D. A. and Brebner, K. I., Mechanical Properties of Polymer-Impregnated Sugar Maple, Forest Products Journal, 40, 1 (1990) 37-41.
49. Loos, W. E. and Kent, J. A., Shear Strenght of Radition Produced Wood-Plastic Combinations, Wood Science, 1, 1 (1968) 23-28.
50. Beall, F. C., Witt, A. E. and Bosco, L. R., Hardness and Hardness Modulus of Wood-Polymer Composites, Forest Products Journal, 23, 1 (1973) 53-60.

51. Nicholas, D. D., Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments, Volume I, Syracuse University Press, New York, 1973.
52. White, R. H., Analytical Methods for Determining Fire Resistance of Timber members. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Quincy, MA: National Fire Protection Association, 8, (1988) 130-142.
53. Yalınkılıç, M. K., Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite ve Boyutsal Stabilité Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklikler ve Bu Maddelerin Odundan Yıkanabilirlikleri, Münferit Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 1993.
54. Richardson, B. A., Wood Preservation, The Construction Press Ltd., Lancaster, p. 238, 1978.
55. Goldstein, I. S., Degradation and Protection of Wood from Thermal Attack, In: Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments, Syrcusa Univ. New York Press, Vol. I 307-3391973,.
56. Yıldız, Ü. C., Ağaç Malzemenin Yapısında Meydana Getirilen Değişikliklerle Bazı Teknolojik Özelliklerin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 1988.
57. Yalınkılıç, M.K., Alma, M. H., Ağaç Malzemenin Monomerik Kimyasal Maddelerle İşlem Görmesiyle Elde Edilen Yeni Bir Ürün: Odun-Plastik Kompoziti, Yeşil Çerçeve 17 (1992) 30-32.
58. Yaltırık, F., Dendroloji Ders Kitabı II. Angiospermae, Bölüm I, İstanbul, 1993.
59. Yaltırık, F., Yeni Bir Alnus (Kızılağaç) Altkültürü ve Türkiye'nin Alnus Türlerine Toplu Bakış, Türk Biyoloji Dergisi 20, 1-4 (1970) 115-121.
60. Merev, N., Türkiye Kızılağaç Odunlarının İç Yapıları, Doktora Tezi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayını, Trabzon, 1983.
61. Anşın, R., Özkan, Z. C., Tohumlu Bitkiler, K.T.Ü., Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, Trabzon, 1997.
62. Anşın, R., Özder, Z., A New Taxon of Black Alder *Alnus glutinosa* subsp. *betuloides* (Betulaceae), The Karaca Arboretum Magazine, 2 (1993) 47-51.
63. Bozkurt, Y. A., Odun Anatomisi., İ. Ü. Yayın No: 3652, Orman Fakültesi Yayın No:415, İstanbul, 1992.

64. Bozkurt, Y., Göker, Y., Orman Ürünlerinden Faydalanma, İ.Ü. Yayın No:3402, Orman Fakültesi Yayın No:379, İstanbul, 448, 1986.
65. Huş, S., Orman Mahsulleri Kimyası, İ.Ü. Yayın No:1451, Orman Fakültesi Yayın No:150, İstanbul, 195, 1969.
66. Baytop, T., Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, Nobel Tıp Kitabevi, II Baskı, İstanbul, 1999.
67. Bozkurt, A. Y., Y, Göker., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3402/379, İstanbul, 1987.
68. Örs, Y., Atar, M., Peker., H., Sarçam Odununun Yanma Özelliklerine Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Etkisi, Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, 23 (1999) 501-509.
69. Baysal, E., Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerinin Kızılçam Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.
70. Raff, R. A. V., Herrick, I. W. and Adams, M. F., Polymerization of Styrene and Styrene-Divinyl benzene in Wood, Forest Products Journal 15, 7 (1965) 260-262.
71. Raczkowska, H., Lipovszky, G. and Rackowski, J., Effect of Polymethyl Methacrylate Content in Beech Wood on Its Swelling Pressure, Holzforschung und Holzverwertung 25, 1 (1973) 12-18.
72. Yalınkılıç, M.K., Demirci, Z., Baysal, E., Çeşitli Emprenye Maddelerinin Duglas Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4, 1-2 (1998) 613-624.
73. Güller, B., Artvin Mersivan Yöresi Kızılağaç Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1998.
74. Harvat, I., Physical and Mechanical Properties of *Alnus glutinosa*, Sum. List. 84 , 273-289, 1985.
75. Örs, Y., Ay, N., Rize-Çayeli Bölgesi Kızılağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.) Odunun Fiziksel Özellikleri , Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, 2 (1998) 212-218.

76. Gürsu, İ., Meryemana Araştırma Ormanı Kızılağaçlarının Teknolojik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar, OAE Yayınları Teknik Bülten Serisi, No:23, Ankara 1967.



7. ÖZGEÇMİŞ

Ali TEMİZ, 01.01.1976 yılında Kayseri’de doğdu. 1992 yılında Balıkesir lisesinden mezun oldu. Girmiş olduğu üniversite sınavını kazanarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırmaya hak kazandı. 1996 yılında aynı fakülteden Orman Endüstri Mühendisi unvanıyla mezun olarak yüksek lisans çalışmalarına başladı. 1998 yılı Kasım ayında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne araştırma görevlisi olarak atandı. Halen Araştırma Görevlisi olarak görevini sürdüren Ali TEMİZ, İngilizce bilmektedir.

