

T.C.
İstanbul Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı
Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**YENİKAPI 12 BATIĞINDA KULLANILACAK
KONSERVASYON YÖNTEMİNİN ARAŞTIRILMASI
VE KORUMA UYGULAMASI**

Namık KILIÇ

2501101139

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Ufuk KOCABAŞ

İstanbul 2013

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerince
desteklenmiştir.
Proje No: 13986



YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı : Namık Kılıç

Numarası

: 2501101139

Anabilim/Bilim Dalı : Sualtı Kalıntılarını Koruma

Danışman Öğretim Üyesi : Doç. Dr. Ufuk KOCABAŞ

Tez Savunma Tarihi : 15/07/2013

Tez Savunma Saati

: 10.00

Tez Başlığı : Yenikapı 12 Batığı'nda Kullanılacak Konservasyon Yönteminin Araştırılması ve Koruma Uygulaması.

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜ'NE OYBİRLİĞİ ~~/ OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-Prof. Dr. Ünal AKKEMİK		Kabul
2- Doç. Dr. Ufuk KOCABAŞ		Kabul
3-Yrd. Doç. Dr. F. Banu UÇAR ÇAKAN		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Doç. Dr. Coşkun KÖSE		
2- Yrd. Doç. Dr. Gülder EMRE		

ÖZ

YENİKAPI 12 BATIĞINDA KULLANILACAK KONSERVASYON YÖNTEMİNİN ARAŞTIRILMASI VE KORUMA UYGULAMASI

Namık KILIÇ

İstanbul'un Yenikapı semtinde 2004 yılından beri sürdürülen, Bizans Dönemine ait Theodosius Limanı kurtarma kazılarında 36 adet batık gemi açığa çıkarılmıştır. Batıkların 27'sinin konservasyon çalışmaları İstanbul Üniversitesi Sualtı Kültür Kalıntıları Koruma Anabilim Dalı tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu batıklardan MS 9.yy'a tarihlenen Yenikapı (YK) 12 batığının konservasyon ve restorasyon çalışmaları ise bu tez projesinin konusunu oluşturmaktadır. Gemi ahşaplarından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen analizler, ahşapların U_{max} değerinin % 280 ile % 700 arasında olduğunu göstermiştir. Gemi ahşaplarının kimyasal bozulma durumlarının tespit edilebilmesi amacıyla Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde FT-IR analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen bilgiler YK 12 ahşaplarının polimer degradasyonuna uğradığını göstermektedir. Bu tez çalışması kapsamında YK 12 batığına uygulanması planlanan konservasyon yönteminin test edildiği deneyler, kazı alanından ele geçen, YK 12 gemi ahşaplarına benzer ahşap türleri ve benzer bozulma derecelerine sahip amorf ahşap örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bozulma değerleri ışığında ahşapların konservasyon işlemlerinde Kauramin yöntemi tercih edilmiştir. Emdirme ve kurutma prosedürleri sonrasında elde edilen sonuçlara göre U_{max} değeri % 600 olan ahşap örnekler üzerinde % 35 ve % 25 konsantrasyonda iki ayrı kauramin çözeltisi test edilmiştir. % 35 konsantrasyonda emdirmenin yapıldığı ahşap örnekler, % 25 konsantrasyonda emdirme yapılan ahşap örneklerle enine çatlaklar ve boyutsal değişim açısından karşılaştırıldığında iki grup arasında belirgin farklar tespit edilmemiştir. Uygulama sonrasında ahşap örnekler çekme, çarpılma, çatlama gibi boyutsal deformasyonlar açısından değerlendirildiğinde oldukça başarılı sonuçlar

elde edilmiştir. Bu çalışma sonrasında elde edilen sonuçlara göre Kauramin yönteminin YK 12 batığına uygulanacak konservasyon çalışmalarında kullanılabilecek güvenilir bir yöntem olduğu öne sürülmüştür.

Anahtar kelimeler: konservasyon, restorasyon, koruma, batık gemi, suya doymuş ahşap.

ABSTRACT

A RESEARCH FOR THE CONSERVATION TREATMENT TO BE USED ON YENIKAPI 12 SHIPWRECK, AND THE CONSERVATION APPLICATION FOR THE SHIPWRECK

Namık KILIÇ

36 medieval shipwrecks have been uncovered by the ongoing salvage excavations since 2004 at Istanbul's Yenikapı district where a former Byzantine Harbour-Portus Thodosiacus was once located. Conservation work of 27 of these shipwrecks has been implemented by the Istanbul University's Department of Conservation of Marine Archaeological Objects. Among those, the conservation and restoration-work of Yenikapı (YK) 12 shipwreck which is preliminarily dated to 9th century, constitute the subject of this MA dissertation. The analyses on the samples taken from hull timbers of YK 12, indicates that the U_{max} ratios of the woods samples change between 280-700 %. In order to determine the chemical deterioration of wood samples, FT-IR analyses were performed at Süleyman Demirel University's Department of Forest Industry Engineering. The results of these analyses revealed that the YK 12 hull timbers have been subjected to polymer degradation. In order to test pre-planned conservation method for YK 12, dislocated wood samples, collected from the excavation site, presenting similar characteristics with YK 12 in terms of its species and deterioration ratios, were used. On the basis of deterioration ratios of the wooden samples, Kauramin method was decided to be applied on dislocated wooden samples. According to the results obtained after impregnation and drying process, Kauramin solutions in 35 % and 25 % concentrations were tested on wood samples having 600 % U_{max} ratios. No significant differences were detected between two groups in terms of transverse cracks and dimensional changes. Besides, after the treatment, quite successful results were obtained against dimensional deformation such as shrinkage, distortion and cracking. Based on the results of this research, it is

claimed that the Kauramin method would be used reliably during the future conservation procedure of YK 12.

Keywords: conservation, restoration, preservation, shipwreck, waterlogged wood.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Yenikapı kazı alanında bulunan dünyanın en büyük batık gemi topluluğunu oluşturan 36 adet batık gemiden bir tanesi olan YK 12 numaralı batığın koruma çalışmalarının tamamlanabilmesi için yapılması gerekenleri deneysel çalışmalarla belirlemeyi amaçlamaktadır.

Suya doymuş ahşap konservasyonu alanında ilk kez çalışılan bu konu; sualtı arkeolojisi, koruma-onarım, kimya, orman mühendisliği gibi farklı disiplinlerden yardım alarak yürütülmüştür. Bu tez, özellikle çok değerli danışmanım Doç. Dr. Ufuk Kocabaş'ın bilimsel yönlendirmeleri ve çalışmanın her aşamasındaki desteklerinden yoksun olarak gerçekleştirilemezdi.

Çalışmanın tamamlanmasında, başta danışmanım olmak üzere; emekleriyle, bilimsel yardımlarıyla, önerileriyle, çabalarıyla ve ekonomik yardımlarıyla aşağıda saydığım kişi ve kurumlardan destek almış bulunmaktayım.

Çalışmanın gerçekleşmesi konusunda bilimsel bilgi ve birikimlerini benimle cömertçe paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Ufuk Kocabaş ve Roma-Germen Merkez Müzesi Restoratörü değerli meslektaşım Markus Wittköpper, ahşapların FT-IR analizlerini yaparak yorumlayan İstanbul Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Öznur Özden ve eşim, Kimya Müh. Araş. Gör. Aslı Gökçe Kılıç, YK 12'ye ait çizim ve yorumlarını benimle paylaşan hocam Yrd. Doç. Dr. Işıl Özsait-Kocabaş, ahşapların bozulma durumları ile diğer deneysel uygulamaların gerçekleştirilebilmesindeki desteklerinden dolayı Restoratör Ayşegül Çetiner, Restoratör Gökçe Egin, Restoratör Seda Büyükbayrak, Restoratör Hidayet Demirci, Arkeolog Deniz Öztekin, Restoratör Yasemin Çetiner, çalışmada kullanılan dijitallerin hazırlanmasındaki desteklerinden dolayı Arkeolog Mehmet Sağır, Restoratör İlker Kızılçay, Restoratör Tuğçe Özmat, çalışmada kullanılan fotoğrafların seçimi hususundaki desteklerinden dolayı Araş. Gör. Evren Türkmenoğlu, Araş. Gör. Taner Güler, ihtiyaç duyduğumuz cihazın temini hususundaki ekonomik desteklerinden dolayı İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerine teşekkür ederim.

Çalışmanın gerçekleştiği süreç içerisinde sorumluluklarımı paylaşan ve zamanını fedakarca harcayan meslektaşım, sevgili eşim Gökçe'ye, yaşamımın her alanında olduğu gibi çalışmalarımın tamamlanması ile ilgili her türlü fedakarlığı sergileyen anneme ve babama teşekkür ederim.

Namık Kılıç

2013, Eyüp

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Öz.....	iii
Abstract.....	v
Önsöz.....	vii
İçindekiler.....	viii
Fotoğraf, Çizim, Tablo, Şekil Listesi.....	xii
Kısaltmalar Listesi.....	xix
GİRİŞ	1
1.AHŞAP	3
1.1.Makroskobik Yapı.....	3
1.2. Mikroskobik Yapı.....	6
1.2.1. İğne Yapraklı Ağaçlar.....	6
1.2.2. Geniş Yapraklı Ağaçlar.....	9
1.3. Kimyasal Yapı.....	10
1.3.1. Selüloz.....	11
1.3.2. Hemiselüloz.....	12
1.3.3. Lignin.....	12
1.3.4. Ekstraktif maddeler.....	14
1.3.5. Hücre Çeperinin Kimyasal ve Ultrastrüktürel Yapısı.....	15

2.SUYA DOYMUŞ AHŞAPTA BOZULMA.....	20
2.1. Mantarlar.....	29
2.2. Bakteriler.....	30
2.3. Asitler.....	31
2.4. Ahşap Yiyiciler (Sualtında)	32
2.4.1. <i>Teredinidae</i> 'ler (<i>Teredo navalis</i>)	32
2.4.2. <i>Limnoridae</i> 'ler.....	34
2.5. Mikrostrüktürel Yapıda Bozulma.....	34
3.SUYA DOYMUŞ AHŞAP KONSERVASYONU.....	37
3.1. Polietilen glikol (PEG) Metodu.....	38
3.2. Sakaroz (Şeker) Yöntemi.....	39
3.3. Aseton –Reçine Yöntemi.....	40
3.4. Alkol – Eter Yöntemi.....	40
3.5.Kafuru – Alkol Yöntemi.....	41
3.6. Dondurarak Kurutma Yöntemi.....	41
3.7. Silikon Yağı Yöntemi.....	42
4. YK 12 BATIĞI AHŞAPLARININ KİMYASAL BOZULMA DERECESİ İÇİN FT-IR ANALİZİ VE SONUÇLARI.....	43
5. YK 12 BATIĞI VE KONSERVASYON UYGULAMALARI.....	47
5.1. YK 12 Batığı.....	47

5.2. YK 12 Batığı Ahşaplarının Bozulma Derecesi.....	50
5.3. YK12 Batığı Tuzdan Arındırma Çalışmaları.....	52
5.4. Mantar ve Biyolojik Aktiviteye Karşı İlaçlama.....	53
5.5.YK 12 Batığı Ahşaplarının Konservasyon Yöntemi İçin <i>Kauramin</i> Yönteminin Araştırılması ve Koruma Uygulaması.....	56
5.5.1. Temizlik.....	58
5.5.2. Çözeltilerin Hazırlanması.....	61
5.5.3. Çözeltilerin Kontrolü ve Emdirilmesi.....	63
5.5.4. Emdirme sonrası.....	68
5.5.5.Fırınlama, Depolama ve Değerlendirme.....	68
SONUÇ	79
KAYNAKÇA	81

FOTOĞRAF, ÇİZİM, TABLO, ŞEKİL LİSTESİ

FOTOĞRAFLAR

Numara	Açıklama	Sayfa
1.	Kuruma öncesi suya doymuş ahşap. (W. Muskalla)	23
2.	Emdirme olmadan gerçekleştirilen kurutma sonrası suya doymuş ahşapta meydana gelen deformasyon. (W. Muskalla)	23
3.	Suya doymuş ahşapta kurutma deneyi öncesi örnek. (N. Kılıç)	25
4.	Suya doymuş ahşapta kurutma deneyi sonrası örnek (N. Kılıç)	25
5.	Bir ahşap yiyici türü olan <i>Teredo navalis</i> . (Jensen, 2009)	33
6.	Yenikapı 12 Batığı'nda <i>Teredo navalis</i> hasarları (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	33
7.	Yenikapı 12 Batığı'nda <i>Teredo navalis</i> hasarları (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	33
8.	Herhangi bir emdirme işlemi yapılmayan suya doymuş ahşaba ait mikroskop görüntüsü. (Jensen, 2009)	35
9.	Herhangi bir emdirme işlemi yapılmayan suya doymuş ahşapta kuruma sonrası mikroskop görüntüsü. (Jensen, 2009)	35
10.	Yükü ile bulunan YK 12 batığı. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	47
11.	YK 12'nin yükü kaldırıldıktan sonraki hali. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	48
12.	YK 12 Batığına ait paslanmaz çelik havuzlar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	52
13.	Saf su tankına yerleştirilen YK 12 ahşapları. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	54

14.	Exocite 1012 kullanımı sonrasında ahşap üzerinde beyaz noktalar halinde görülen ölmüş <i>Limnoria</i> lar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	54
15.	İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Araştırma Merkezi dıştan görünüş. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	58
16.	İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Araştırma Merkezi içten görünüş. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	58
17.	İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	58
18.	İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	58
19.	YK 12 tankında gerçekleştirilen pH ölçümleri. (N. Kılıç)	59
20.	YK 12 tankında gerçekleştirilen tuz ölçümleri. (N. Kılıç)	60
21.	1/1 ölçekli asetat çizimi. (M. Sağır)	
22.	Uygulamanın yapıldığı plastik kasalar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	60
23.	Uygulamanın yapıldığı ahşap kasalar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)	60
24.	Ahşap üzerinde sertleşerek biriken beyaz tabaka. (N. Kılıç)	66
25.	Viskozite ölçümleri. (M. Sağır)	66
26.	Ahşapların selülozik kağıtlara sarılması ve ıslatılması işlemi. (N. Kılıç)	68
27.	Ahşapların selülozik kağıtlara sarılması ve ıslatılması işlemi. (N. Kılıç)	68
28.	Ahşapların fırına yerleştirilmesi ve fırınlama işlemi. (M. Sağır)	69
29.	Fırın içerisine yerleştirilen küçük kap içerisindeki <i>Kauramin</i> 'in kontrolü. (M. Sağır)	69
30.	Konservasyon işlemi öncesinde E1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)	70

31.	Konservasyon işlemi öncesi E1 örneği arka yüz. (N. Kılıç)	70
32.	Konservasyon işlemi sonrası E1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)	70
33.	Konservasyon işlemi sonrası E1 örneği arka yüz. (N. Kılıç)	70
34.	Konservasyon işlemi öncesinde K1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)	71
35.	Konservasyon işlemi öncesi K1 örneği arka yüz. (N. Kılıç)	71
36.	Konservasyon işlemi sonrası K1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)	71
37.	Konservasyon işlemi öncesi 7 numaralı örnek. (N. Kılıç)	72
38.	Konservasyon işlemi sonrası 7 numaralı örnek. (N. Kılıç)	72
39.	Konservasyon işlemi öncesi 8 numaralı örnek. (M. Sağır)	73
40.	Konservasyon işlemi sonrası 8 numaralı örnek. (M. Sağır)	73
41.	Konservasyon işlemi öncesi 9 numaralı örnek. (M. Sağır)	74
42.	Konservasyon işlemi sonrası 9 numaralı örnek. (M. Sağır)	74
43.	Konservasyon işlemi öncesi 5 numaralı örnek. (M. Sağır)	75
44.	Konservasyon işlemi sonrası 5 numaralı örnek. (M. Sağır)	75
45.	Konservasyon işlemi öncesi 1 numaralı örnek. (M. Sağır)	76
46.	Konservasyon işlemi sonrası 1 numaralı örnek. (M. Sağır)	76
47.	Konservasyon işlemi öncesi 11 numaralı örnek. (M. Sağır)	77
48.	Konservasyon işlemi sonrası 11 numaralı örnek. (M. Sağır)	77
49.	Konservasyon işlemi öncesi 10 numaralı örnek. (M. Sağır)	78
50.	Konservasyon işlemi sonrası 10 numaralı örnek. (M. Sağır)	78

Çizimler

Numara	Açıklama	Sayfa
1.	Yenikapı 12 teknesi iç kaplamalarının ahşap cinsleri (Akkemik 207: 2008).	49
2.	Yenikapı 12 teknesi eğri ve dış kaplamalarının ahşap cinsleri (Akkemik 207: 2008).	49
3.	YK 12 batığı ahşaplarının bozulma değerleri.	50

Tablolar

Numara	Açıklama	Sayfa
1.	İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarında polisakkarit ve lignin içerikleri. (Erdin, 2009: 21)	14
2.	Hücre çeperinin elementer kompozisyonu. (Erdin, 2009: 22)	15
3.	Çeşitli bozulma derecelerine sahip, farklı batık ortamlarından elde edilmiş Avrupa meşelerinin çekme durumları. (Jong,1982)	27
4.	FT-IR analizi için çalışılan örneklerin numara ve türleri.	43
5.	YK 12 ahşaplarının bozulma değerleri.	51
6.	YK 12 batığı havuzu tuz değerleri.	53
7.	Hazırlanmak istenen yüzdelere göre düzenlenmiş pratik <i>Kauramin</i> oran rehberi.	61
8.	Konservasyon sürecinin takip edilebilmesi amacıyla hazırlanan tablo.	64
9.	1. Deney Parçası E1 örneği konservasyon bilgileri.	70
10.	2. Deney parçası, K1 örneği konservasyon bilgileri.	71
11.	3. Deney parçası 7 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	72
12.	4. Deney Parçası 8 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	73
13.	5. Deney parçası 9 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	74
14.	6. Deney parçası 5 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	75
15.	7. Deney parçası 1 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	76
16.	8. Deney parçası 11 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	77
17.	9. Deney parçası 10 numaralı örnek konservasyon bilgileri.	78

Şekiller

Numara	Açıklama	Sayfa
1.	Odunun bölümleri. (Wiedenhoeft, 2005: 3)	4
2.	Ağacın enine, teğet ve radyal kesitleri. (Raven, 1999: 13)	5
3.	A: <i>Gymnospermae</i> B: <i>Angiospermae</i> C: <i>Gymnospermae</i> odununda enine kesit D: <i>Angiospermae</i> odununda enine kesit. Büyütme: 300 µm. (Wiedenhoeft, 2005: 4)	6
4.	İğne yapraklı ağaç odununun üç boyutlu görünüşü. (Fritts,1976:110)	7
5.	Geniş yapraklı ağaç odununun üç boyutlu görünüşü. (Fritts, 1976: 112)	9
6.	Selülozun kimyasal yapısı.	12
7.	Lignin polimerlerinin yapı blokları. (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 41)	13
8.	Hücre duvarının kimyasal kompozisyonu. (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 48)	16
9.	Suya doymuş ahşaptaki çekme yönlerini tanımlamada üç ana yön belirtilmiştir. (Jong, 1982)	24
10.	Suya doymuş ahşapta bozulma sonrasında yaşanan değişim. (McConachie, v.d., 2008: 30)	26
11.	Suya doymuş ahşaptaki maksimum su miktarı, selüloz ve lignin ile boyuna ve teğet çekme arasındaki ilişkiye ait grafikler. (Jong, 1982)	28
12.	Dişbudak ağacı referans örneğinin ve YY44 örneğinin FT-IR spektralleri.	44
13.	Kestane ağacı referans örneğinin ve İK2-1 örneğinin FT-IR spektralleri.	44
14.	Kestane ağacı referans örneğinin ve SK3-1 örneğinin FT-IR spektralleri.	45

15.	Kestane ağacı referans örneğinin ve İK6-2 örneğinin FT-IR spektraları.	45
16.	Ceviz ağacı referans örneğinin ve YK12 E7 örneğinin FT-IR spektraları.	46
17	Kauraminin yapısal formülü. (Wittköpper, 2012)	57

KISALTMALAR LİSTESİ

bkz.	Bakınız
Cm	Santimetre
Ed.	Editör
FT-IR	Fourier Transform Infrared
İ.Ü.	İstanbul Üniversitesi
İÜSKKKABD	İstanbul Üniversitesi Sualtı Kültür Kalıntılarını Koruma Anabilim Dalı
İÜTKVKOBGKRL	İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı
Kg	Kilogram
Lt	Litre
M	Metre
mm	Milimetre
MÖ	Milattan Önce
MS	Milattan Sonra
N	Newton
nm	nanometre
PEG	Polietilenglikol
ppm	perpartmillion
s.	Sayfa/Sayfalar
SDÜOEMB	Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
UV	Ultraviyole
YK	Yenikapı

GİRİŞ

İlk çağlardan itibaren insan toplulukları denizde ulaşım için çeşitli araçlar kullanmışlardır. Su üzerinde batmadan ulaşımı sağlayan gemiler de bu süre boyunca insan topluluklarının bu amacına hizmet etmiştir. Batık gemiler ve bu gemilere ait yükler gerekli koşullar olduğu sürece sualtında yüzlerce yıl tamamen yok olmadan günümüze kadar ulaşabilirler. Bu koşullar fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilere bağlı olarak değişmektedir. Sualtındaki batık gemiler ve bunlara ait kalıntılar gömüldükten sonra üzerlerinin kum, mil ve çamur ile hızlı bir şekilde örtülmesi bunların günümüze kadar ulaşmasını sağlamaktadır.

2004 yılında İstanbul Arkeoloji Müzeleri Müdürlüğü denetiminde başlatılan Yenikapı kazıları ile Bizans dönemine ait devasa bir liman ortaya çıkarılmıştır (Kocabaş, 2008: 25). Bu limanda yapılan kazılar sonucunda bulunan gemiler, kuşkusuz kazının en önemli buluntu topluluğunu oluşturmaktadır. Şu ana kadar yapılan kazılar sonucunda limanda bulunan ve bir tanesi de bu tezin konusunu oluşturan batık gemi sayısı 36 olmuştur. Bu sayı ile Yenikapı dünyanın en büyük batık gemi koleksiyonunu oluşturmaktadır. Bu gemilerin battıktan sonra üzerlerinin kum, kil, mil ile hızlı bir şekilde örtülmesi Yenikapı Batıklarının günümüze kadar ulaşmasının ana nedenidir. Yenikapı'da batıklar üzerinde gerçekleştirdiğimiz gözlemlerde kimi gemi elemanlarının son derece iyi korunduğu, ahşap üzerinde gemiyi yapan ustanın ağacı işlerken bıraktığı izlerin dahi belirgin bir şekilde izlenebildiği tespit edilmiştir. Ancak yapılan bu gözlemler ahşabın görsel yönünü oluşturmaktadır. Yapılan bilimsel analizler batıkların son derece yüksek bir bozulma derecesine sahip olduğunu göstermektedir.

Yenikapı Batıklarına ait gemi elemanları temelde ahşap malzemeden oluşmaktadır. Gemi elemanlarını birbirine monte etmek için ahşap çivi ve metal çivi kullanılmıştır. Tüm bu elemanlar su altında bulundukları süre boyunca değişime uğramaktadır. Ahşap nemli veya ıslak alanlarda uzun süre kaldıkça suyu emerek en sonunda ıslak veya suya doymuş ahşap olarak değişime uğramaktadır. Bu süreç içerisinde ahşabın fiziksel ve kimyasal yapısında değişim yaşanır. Bu değişim, gemi ahşabını olumsuz derecede etkileyerek ahşabın konstrüksiyonel yapısını bozup ahşabı mikrobiyal saldırılara maruz bırakabilmektedir. Ahşabın yaşadığı bu fiziko-

kimyasal süreç bozulmayı hızlandırmaktadır (Jong, 1982: 9). Suyu doymuş ahşabın konservasyonu olmazsa olmaz işlemlerden olup aynı zamanda zor ve uzun bir süreçtir. Suyu doymuş ahşabın konservasyonuna başlamadan önce malzemenin özelliklerini çok iyi bilmek gerekmektedir. Çalıştığımız ahşabı tanımak, cins ve tür özelliklerini bilmek daha sonra kullanacağımız konservasyon kimyasalının oranını ve türünü belirleyecektir. Bu yüzden tezin bir bölümü ahşabı detaylı olarak tanımlamayı amaçlamaktadır. Konservasyon işlemi salt bir konservasyon sürecinden çok ahşabın geçirmiş olduğu degradasyon sürecini anlamaktan da geçer. Bu süreci anlamak için çeşitli analiz çalışmaları yapılmıştır. Yine YK 12 ahşapları üzerinde gerçekleştirilen su doygunluğu testleri ile ahşapların bozulmaları sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma kullanılacak konservasyon kimyasalına karar verme aşamasında oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan YK 12 batığı konservasyon yöntemi için laboratuvarında çeşitli analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda ahşabın cins, tür özelliklerine, bozulma durumuna göre uygun konservasyon kimyasalı belirlenmiştir. Son olarak aynı bozulma derecesine, cins ve tür özelliklerine sahip farklı amorf ahşap örnekler üzerinde *Kauramin* kimyasalı kullanılarak konservasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Konservasyon işleminin sonunda elde edilen veriler tezin sonuç kısmında belirtilmiştir.

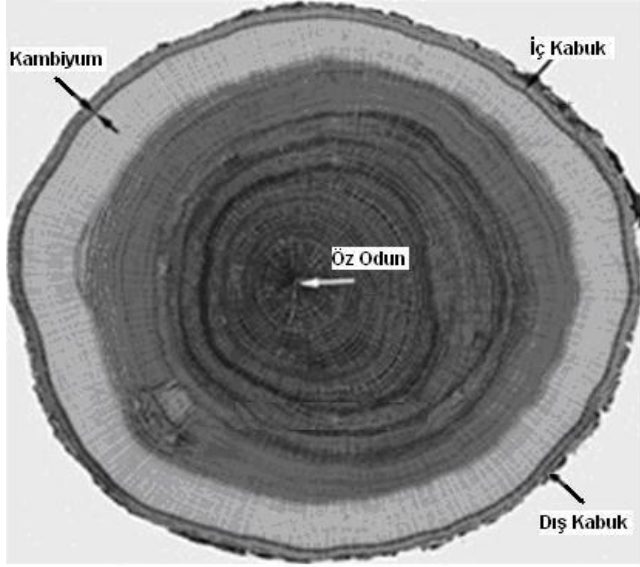
1. AHŞAP

Ahşap malzeme odunsu hücrelerden oluşmaktadır. Ahşabı oluşturan hücrelerin çeperi organize olmuş selülozik polimerler, selülozik olmayan karbonhidratlar ve bunları güçlendiren ligninden oluşur. Ağaçlar yetiştirme ortamlarına göre fizyolojik bakımdan değişik olarak etkilendikleri için tespit edilen özellikleri ağaçtan ağaca, hatta aynı ağacın çeşitli kısımlarında değişmektedir. Ahşap malzeme anizotropik yapıya sahiptir. Bundan dolayı rutubet değişimleri üç ana yönde farklı boyutsal değişimlere neden olur. Bunlar boyuna, teğet ve radyal yönlerdir (Bozkurt, 2011: 2).

Tohumlu bitkiler grubunda yer alan odunsu bitkiler gymnospermiler (iğne yapraklılar) ve angiospermiler (geniş yapraklılar) olmak üzere başlıca iki gruba ayrılmaktadır (Örs, 2008: 1). Ahşabın makroskobik ve mikroskobik yapısı bu gruplara göre belirgin şekilde değişiklik göstermektedir.

1.1. Makroskobik Yapı

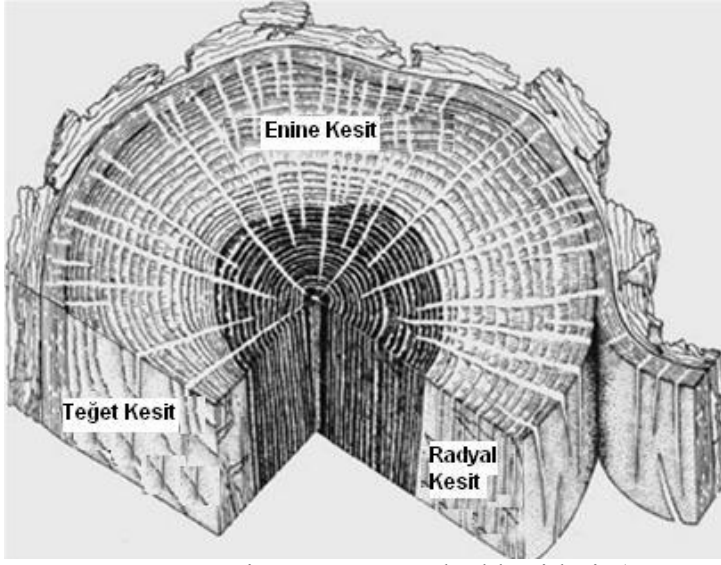
Bir ağaç gövdesi, her birisi farklı bir fizyolojik faaliyete sahip morfolojik bakımdan da farklı özellikler gösteren çeşitli doku ve organlara sahiptir (Şekil 1). Bunlardan biri olan kambiyum, canlı hücrelerden oluşur ve ince bir tabaka halinde bulunmaktadır. Ilıman iklim kuşağındaki ağaçlarda yalnızca ilkbahar ve yaz aylarında aktif halde bulunarak, iç kısma doğru odun dokusuna (ksileme) ait, dış kısma doğru ise iç kabuğa (floeme) ait hücreleri üretmek üzere bölünmektedir. Bunun sonucunda da ağacın çapı giderek artmaktadır. Kambiyumun iç kısmında bulunan odun, ağacın kökleri vasıtasıyla aldığı suyu yapraklara kadar iletmektedir. Daha ileri yaşlarda diri odunun merkezine yakın bölümlerinde değişim görülmeye (çoğunlukla odunda renk koyulaşmaya) başlar son olarak iletim durur. Gövdenin iç kısmında bulunan bu bölümde paranşim hücreleri oksijen azalmasından dolayı öldüğünden, diri odun depolama görevi de yapamaz, sadece ağacı dış etkilere karşı korumaktadır (Erdin, 2009: 10).



Şekil 1: Odunun bölümleri. (Wiedenhoeft, 2005: 3)

Öz odun bölgesinde bulunan parانشim hücrelerinin ölmesiyle, depolanmış besin maddeleri rezervlerinin (başlıcası nişastanın) kimyasal değişimi, geçitlerin aspirasyonu ve geçit zarlarında ligninin birikmesi ile devam etmektedir. Geniş yapraklı ağaçlarda kimi zaman özışını parانشim hücreleri içeriğinin geçitlerden çıkıp, bitişiğinde bulunan trahe hücrelerinde bulunan tül adı verilen ve köpüğe benzeyen maddeler ürettiği ve trahelerin içini doldurduğu tespit edilmiştir (Wiedenhoeft, 2005: 3).

Ağaçlar kesildiği zaman bunların tomruklarına çıplak gözle ya da 10 kat büyütmeli lup ile bakacak olursak aynı zamanda ahşabın hangi ağaç cinsine ait olduğunu gösteren işaretleri ve odunsu dokunun, üç yönde (enine, radyal, teğet yönlerde) farklılık gösterdiğini anlayabiliriz (Şekil 2).



Şekil 2: Ağacın enine, teğet ve radyal kesitleri. (Raven, 1999: 13)

Enine kesit, ağaç gövdesinin boyuna eksenine dik olarak kesilmesiyle elde edilmektedir. Bu kesit kütüklerin üst yüzeyinde ya da tomrukların uç kısımlarında en iyi şekilde görülebilmektedir. Enine kesitte; ortada genel olarak farklı renkte görülen öz, iç içe geçmiş daireler halinde yıllık halkalar, özden çevreye doğru uzanan öz ışınları, angiosperm odunlarında küçük delikler ve noktacıklar halinde traheler ile gymnosperm odunlarında traheidler ve bazılarında da traheidlerle birlikte reçine kanalları görülebilmektedir. Özün çevresinde gövdenin ortasında bulunan öz odundan sonra diri odun tabakası, kambiyum ve dış tarafta kabuk yer almaktadır.

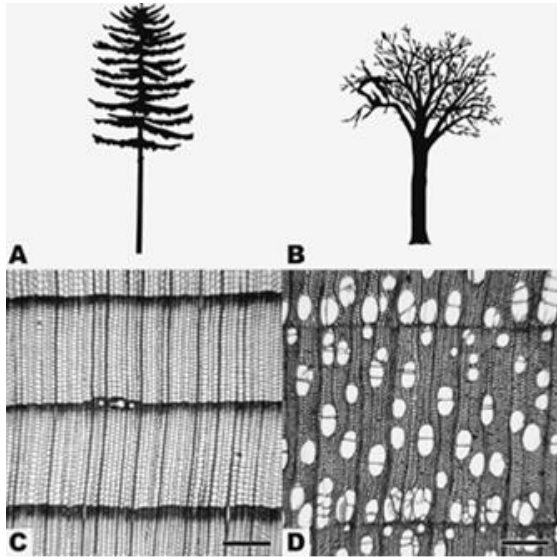
Tomruğun öz ışınlarına ve boyuna eksenine paralel yönde kesilen bölümü radyal kesit olarak ifade edilmektedir. Bunların öz ışınları inceyse radyal kesitte görülmezler, genişse kısa mozaikler ya da uzun aynacıklar olarak görülmektedirler. Meşe, kayın, çınar, karaağaç ve akça ağaçta öz ışını aynacıkları daha belirgindir. İğne yapraklı ağaçlar, huş, kavak, söğüt, armut, şimşir, kızıl ağaç, gürgen ve atkestanesinde böyle parlak levhacıkları görmek mümkün değildir. Öz odunu belirgin renkte olan ağaçlarda, öz odun ve diri odun tabakaları birbirinden farklı renkteki bölgeler halinde görülmektedirler. Halkalı traheli ya da traheleri büyük olan ağaçlarda traheler, enine kesitte, yıllık halkanın ilkbahar odunu sınırı boyunca küçük delikçikler halinde görülmektedir. İğne yapraklı ağaçlarda da reçine kanalları dağınık ve seyrek delikçikler ya da koyu noktacıklar halindedir. Ancak, tropik yapraklı

ağaçlarda boyuna paranşimler, şeritler halinde görülebilmektedir (Bozkurt, Erdin, 2000: 32).

Tomruğun kabuğu soyulduğunda gördüğümüz yüzey, teğet kesit olarak adlandırılmaktadır. Teğet kesitte yıllık halka sınırları, iğne yapraklı ağaçlarda koyu renkli yaz odunu tabakaları nedeniyle, halkalı traheli ağaçlarda ise büyük trahelerden dolayı üst üste geçmiş paraboloidler şeklinde görülmektedir. Öz ışınları özellikle geniş öz ışınlarına sahip meşe, kayın, çınar gibi ağaçlarda iğ şeklinde, traheler ve reçine kanalları ise kısa çizikler halinde görülmektedir (Bozkurt, Erdin, 2000: 33).

1.2. Mikroskobik Yapı

Evrimsel açıdan daha ilk olan iğne yapraklı ağaç odunları ile, daha gelişmiş olan geniş yapraklı ağaç odunları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle, iç yapıyı oluşturan odun özellikleri, fizyolojik açıdan da farklılıklar içermektedir (Akkemik, 2010).



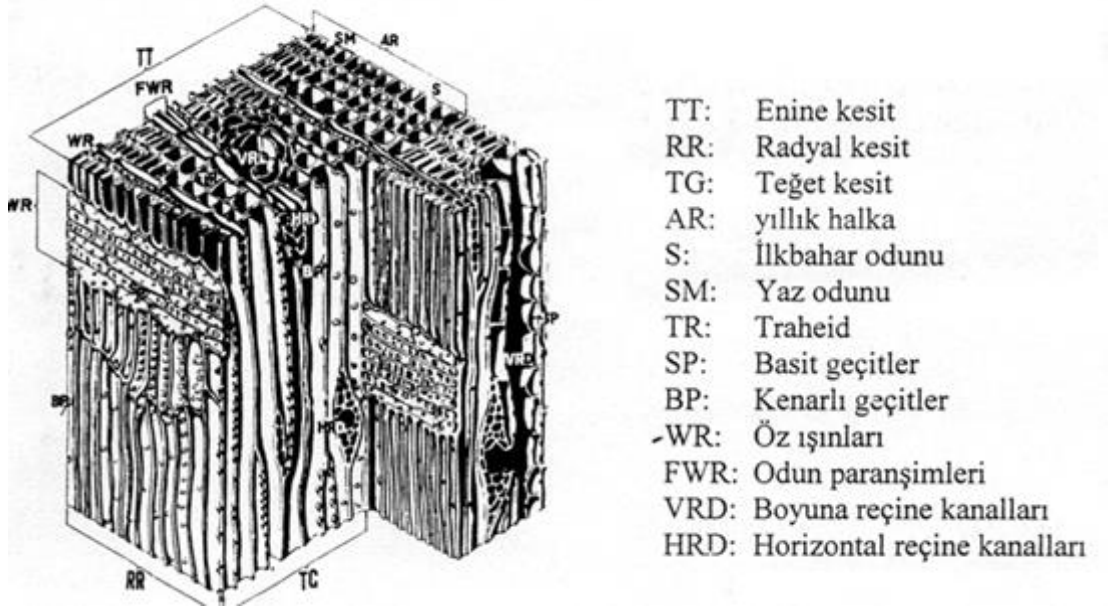
Şekil 3: A: Gynnospermae B: Angiospermae C: Gymnospermae odununda enine kesit D: Angiospermae odununda enine kesit. Büyütme: 300 µm. (Wiedenhoeft, 2005: 4)

1.2.1. İğne Yapraklı Ağaçlar

İğne yapraklı ağaçlarda iletim ve destek görevini traheid üstlenmektedir. Depolama görevini ise paranşim hücreleri yapmaktadır. Traheidler ağacın gövdesi

boyunca uzanan boyuna traheidler ile yarıçap yönünde (radyal yön) uzanan öz ışını traheidler olarak iki gruba ayrılırlar. Boyuna paranzim ve öz ışını paranzim ile reçine kanallarında reçine salgılayan epitel hücreler ise paranzim hücreleridir (Örs, 2008: 8).

İğne yapraklı ağaç odunları, tüm taksonlarda genel olarak birbirlerine benzer ve çok basit bir yapıya sahiptirler. İğne yapraklı ağaç odununda bulunan elemanlar, üç boyutlu olarak Şekil 4'te verilmiştir. Asıl elemanlar, iğne yapraklıların tüm bireylerinin odunlarında bulunan ve odunun tamamını oluşturan elemanlardır. Bu elemanlar ağaç eksenı yönünde uzanan "traheid"ler ve yarıçap yönünde uzanan "öz ışını paranzim hücreleri"dir (Fritts, 1976: 110).



Şekil 4: İğne yapraklı ağaç odununun üç boyutlu görünüşü. (Fritts, 1976: 110)

Boyuna traheidler, iğne yapraklı ağaçlarda iletim ve destek görevini üstlenirler. Boyları uzun, çaplarının 100 katı kadar, enine kesitleri 4 veya 6 köşeli, uçları kapalı hücrelerdir. Bunların büyüklükleri ve sahip oldukları özellikler, ağaç cinsleri ve bazen türleri arasında belirgin farklılık gösterir. Traheidlerin dokuya katılma oranı % 90-95 arasında değişmekte olup, dokunun geri kalan % 5-10'unu öz ışını paranzim hücreleri, boyuna paranzimler ve reçine kanalları oluşturmaktadır. Boyuna traheidler hücre olgunlaşma safhasının sonunda canlılıklarını kaybettiklerinden içleri boş hücrelerdir (Bozkurt, Erdin, 2000: 100).

Traheidlerde bir hücreden diğerine sıvı madde akışını sağlayan geçitler, radyal çeperler üzerinde belirgin bir şekilde ve çok sayıda görünmektedir. Bunların ilkbahar odunu traheidlerinde sayıları daha fazla ve çapları daha büyüktür. Strand traheidler, boyuna olarak dizilmiş olup kısa ve uç çeperleri yatık hücrelerdir. Bunların her iki uçları da yatık olduğu için boyuna yönde uzun dikdörtgen şeklinde görülmektedir.

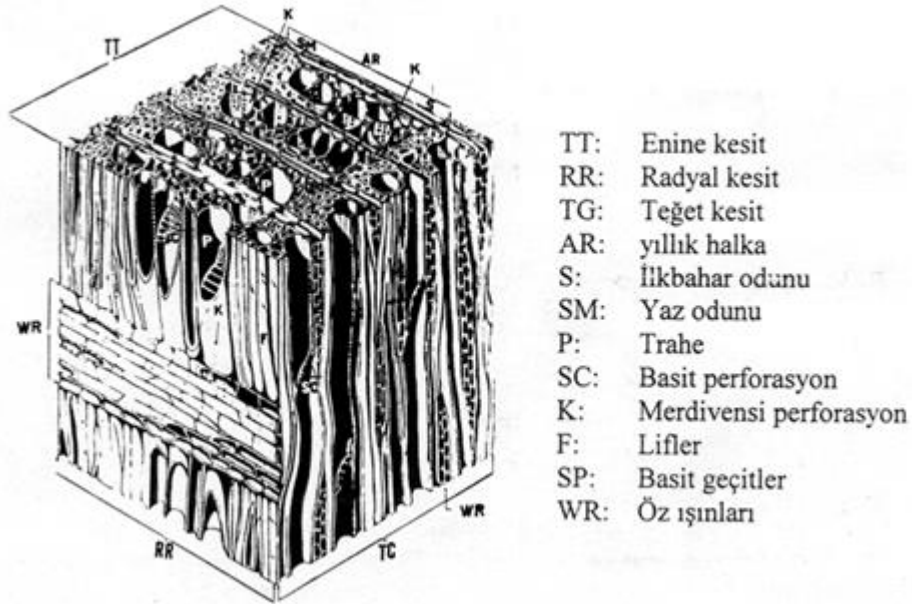
Öz ışını traheidleri enine yönde uzanmakta olup radyal yönde su iletimi yapmaktadırlar. Bunlar *Pinus*, *Cedrus*, *Picea*, *Larix*, *Pseudotsuga* ve *Tsuga* cinslerinde her zaman görülür. Öz ışını traheidlerin uzunlukları 0,1-0,2 mm, çapları boylarının 1/5 ya da 1/10'u kadardır ve bunlar boyuna traheidlerden daha küçük kenarlı geçitlere sahiptir (Bozkurt, Erdin, 2000: 106).

İğne yapraklı ağaç odunlarında boyuna paranşim, öz ışını paranşim ve epitel paranşim olmak üzere üç çeşit paranşim hücresi vardır. Bu hücrelerin çeperlerinde basit geçitler oluşmaktadır. Traheidler ve bunların bağlı bulundukları yerlerde yarı kenarlı geçit çifti, kendi aralarında ise basit geçit çiftleri ile madde alış verişi sağlanır. *Pinus*, *Taxus* ve *Torreya* cinslerinde boyuna paranşim hücreleri bulunmamaktadır (Örs, 2008: 8). Ağaçların öz ışınlarının diri odununda kalan bölümlerinde paranşim hücrelerinin çoğu canlılığını korumasına rağmen, öz odunda bulunan paranşim hücreleri ölmekte ve depolama yapamamaktadır (Erdin, 2009: 16).

Kimi iğne yapraklı ağaçlarda bulunan reçine kanalları, normal ve patolojik reçine kanalı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Normal reçine kanalı paranşim hücreleri arasında yer alan gerçek orta lamelin erimesi sonucunda oluşmuştur. Salgı hücreleri birbirini iterek kanal şeklinde bir boşluk oluşturur. Bu yolla oluşan kanallar şizogen menşeli reçine kanalı olarak bilinir. *Pinus*, *Picea*, *Larix* ve *Pseudotsuga* odunlarında bulunan normal reçine kanalları ağacın gövdesine dik ve yatık olarak uzanmaktadırlar. Dik ve yatık normal reçine kanalları birbirleri ile ilişkili olarak ağacın gövdesinde reçine kanalları ağı sistemini oluşturur. Yaralanma sonucu oluşan reçine kanalları ise ya ağacın büyüme eksenine dik ya da yatık olur. Dik ve yatık patolojik reçine kanalı sadece *Cedrus* ve *Abies* odunlarında bulunmaktadır. Reçine kanalı bulunan iğne yapraklı ağaçlarda, rüzgar etkisi ile kambiyumda oluşan çatlaklara çevrede yer alan reçine kanallarından sızan reçinenin dolması ile reçine keseleri meydana gelmektedir (Örs, 2008: 9).

1.2.2. Geniş Yapraklı Ağaçlar

Geniş yapraklı ağaçlarla iğne yapraklı ağaçları karşılaştıracak olursak, öncelikle geniş yapraklı ağaçlar daha karmaşık bir yapıya sahip olup yapılarında fazla sayıda hücre tipi bulunmaktadır. Bu hücrelerin büyüklük, şekil ve yıllık halka içerisindeki düzenleri de farklılık göstermektedir. En büyük farklılık ise trahelerin bulunmasıdır. Bir başka deyişle iğne yapraklılar trahesiz ağaçlar olarak ayrı bir gruba oluştururken, traheliler yapraklı ağaçların tamamını kapsamaktadır (Bozkurt, Erdin, 2000: 123).



Şekil 5: Geniş yapraklı ağaç odununun üç boyutlu görünüşü. (Fritts, 1976: 112)

Hücrelerin üst üste birleşip aralarındaki bölmelerin az ya da çok erimesi ile boru şeklindeki traheler oluşmaktadır. Bir trahede birbiri üzerine sıralanmış her üniteye trahe hücresi denir. Trahe hücreleri arasında perforasyon tablası denilen bölmeler yer almaktadır. Tropik ağaçlarda daha çok çok delikli ve merdivensi perforasyon tablası bulunurken, daha kurak olan bölgelerdeki ağaçlarda basit perforasyon bulunmaktadır.

Traheler yıllık odun halkaları içerisindeki dağılımı bakımından farklılık göstermektedir. İlkbahar odunu içerisinde yer alan trahelerin delikli ve gevşek bir yapıya sahip olduğu bu ağaçlara halkalı büyük traheliler denir. Meşe, kestane, dişbudak, karaağaç, dut ve akasya halkalı büyük traheli yapıdadır. Trahelerin yıllık

odun halkası içerisinde çap bakımından önemli bir fark göstermeden yıllık halkalarda düzenli bir dağılış gösterdiği yapraklı ağaçlara dağınık traheliler denir. Bunlar için örnek olarak kavak, söğüt, ınar, at kestanesi, kayın, akçaağaç, huş, gürgen ve ıhlamuru gösterebiliriz.

Yapraklı ağaçlarda trahelere benzeyen ancak uçları kapalı olduğu için traheid özelliğinde ve su iletme görevi gören boyuna olarak vaskuler traheidler, radyal yönde uzanan vasisentrik traheidler bulunmaktadır.

Lif traheidleri kalın çeperli iki ucu sivri hücrelerdir. Bunların çeperlerinde küçük kenarlı geçitler bulunmaktadır. Libriform liflerinde ise basit geçitler vardır. Bunların çeperleri daha kalın ve boyları daha uzundur.

Paranşimler, protoplazmalarını uzun zaman muhafaza ederek hayatta kalan ve öncelikli olarak besin maddesi depo eden, ayrıca karbonhidratları iletten hücrelerdir. Yapraklı ağaç paranşimleri, boyuna paranşimler ve öz ışını paranşimleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Boyuna paranşimin yıllık halka içerisindeki dağılış şekli yapraklı ağaç türlerinin tanımlanmasında önemli rol oynamaktadır.

Yarıçap yönde uzanan paranşim hücrelerine öz ışınları denir. Primer z ışınları ze kadar, diğerleri odun dokularından başlayarak çevreye kadar uzanmaktadır. En geniş öz ışınları meşe ve kayında, en yüksek öz ışınları meşe, ınar, kızaılağa ve grgende bulunmaktadır. Meşe, kayın ve ınarda kalın ve yüksek öz ışınları radyal kesitte parlak öz ışını levhaları oluşturur. Kızaılağa, gürgen gibi bazı ağaçların öz ışınları mattır (rs, 2008: 12-13).

1.3. Kimyasal Yapı

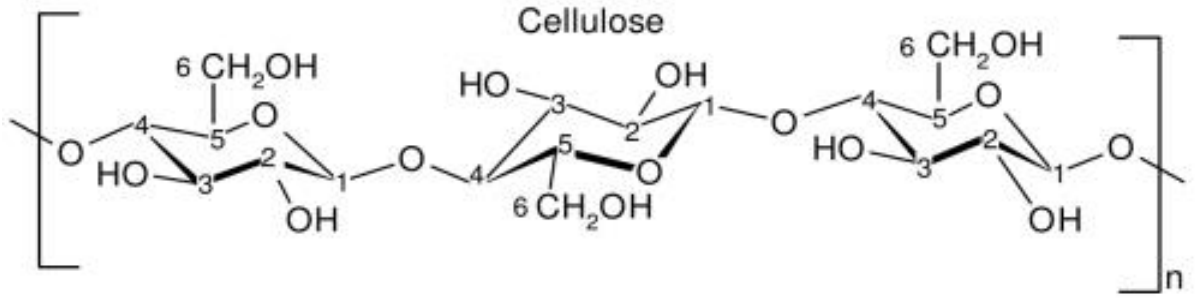
Kompleks bir madde olan odun hammaddesi hücrelerden oluşmaktadır. Hücrelerin zellikleri ve yapısı, çeşitli polimerlerden oluşan hücre çeperinin kimyasal bileşiminden etkilenmektedir. Ağaçlar yaprakları ile havadan karbondioksiti absorbe ederek, kökleri ile topraktan su ve mineral tuzları alırlar, bunu klorofil ve güneş enerjisi yardımıyla birleştirerek fotosentez yaparlar. Yaşamsal faaliyetlerinde kullandıkları basit şekerleri (glukoz) bu yolla üretirler. Yapraklarda üretilen glukoz ($C_6H_{12}O_6$) iç kabuk vasıtasıyla ağacın büyüme alanları olan bölgelere (boy uzaması için dalların ve köklerin uçlarına, çap artımı için kambiyum

tabakasına) taşınarak, ağaçların boy ve çap artımı yapması sağlanmaktadır (Erdin, 2009: 19). Fotosentez tepkimeleri sonunda üretilen glukoz molekülleri farklı düzenlerde bağlantı oluşturup bunun sonucunda farklı kimyasal maddelere dönüştürülürler. Örneğin; bu kimyasal maddelerden biri olan nişasta, glukoz moleküllerinin hepsinin aynı düzlemde toplanmasıyla üretilmektedir. Bitkiler için kolay tüketilebilen bir depo ürünü olan nişasta enerji sağlamak için gerektiğinde tekrar bozunarak ağaç tarafından kullanılmaktadır. Odunun kimyasal bileşimini oluşturan üç ana bileşen selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Ahşabın karbonhidrat bölümünün asıl içeriği selüloz ve hemiselüloz polimerlerinden oluşmakta, nişasta ve pektin gibi maddeler de odunun daha az bir bölümünü oluşturmaktadır (Stamm, 1964: 102). Selülozun (% 40-45) ve hemiselülozun (% 15-25) bileşimi ile haloselüloz oluşmakta ve genellikle ahşabın kuru ağırlığının % 65-70'ini oluşturmaktadır. Bu polimerler basit şekerlerden oluşmaktadır. Bunların başlıcaları glikoz, mannoz, galaktoz, ksiloz, arabinoz, glukuronik asit, daha az oranda ramnoz ve fukoz diğer şeker polimerlerini oluşturmaktadır (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 13). Polisakkarit olmayan ligninin oranı ise % 15-25 arasında değişmektedir. Bu oranlar ekstraktif maddeler çıkarılarak odunun tam kuru ağırlığına göre belirlenen değerlerdir (Bozkurt, Erdin, 2000: 66).

1.3.1. Selüloz

Selüloz, odun hücre yapısında bulunan en önemli polisakkarittir (Hedges 1990: 113). Selüloz, nişastada bulunan aynı moleküllerden oluşmasına rağmen, tamamen farklı özelliklere sahiptir ve çok stabildir. Odunsu dokunun yaklaşık % 40-50'sini oluşturan selüloz (iğne yapraklı ağaçlarda % 45-50, geniş yapraklı ağaçlarda % 40-45) hücre çeperinin (dolayısı ile ahşabın) direnci, özellikle de çekme, eğilme ve şok dirençleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Linear bir yapıda olan selüloz, anhidrit glukozlardan oluşmaktadır. Her bir glukoz molekülünün yapısından 1 mol su çıktıktan sonra, 180° ters dönerek birbirine bağlanmaları sonucunda uzun zincir şeklinde bir polimer olan selüloz ($C_6H_{10}O_5$) meydana gelmektedir. Selüloz zincir moleküllerinin uzunluğu, bulunduğu hücre çeper tabakalarına göre değişmekle beraber yaklaşık olarak 7.000-12.000 molekülden oluşmaktadır. (Hedges, 1990:

113). Selüloz üzerindeki hidroksil gruplarına hidrojen köprüleri yardımıyla su bağlanabilmektedir. Böylece su, bitişik zincirler arasına girerek onları birbirinden ayırır. Bu durumda hücre çeperinde genişleme ya da daralma meydana gelmektedir (Bozkurt, Erdin, 2000: 67).



Şekil 6: Selülozun kimyasal yapısı.
(helsinki.fi/polymeerikemia/research/cellulose1.html, 2011)

1.3.2. Hemiselüloz

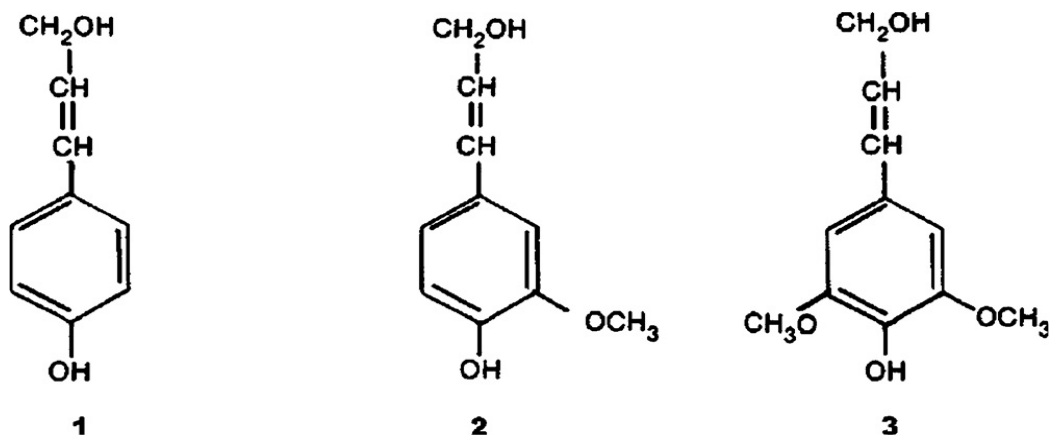
Hemiselüloz ahşap içerisinde ikincil orana sahip polisakkarit grubunu oluşturmaktadır (Hedges, 1990: 113). Fotosentez sonunda selüloz haricinde yine şekerlerden oluşan başka karbonhidratlar ve organik maddeler de üretilmektedir. Bu maddelerden hücre çeperini oluşturan ikinci yapısal polimer olan hemiselülozlar, 5 karbonlu (ksiloz, arabinoz gibi) ve 6 karbonlu (galaktoz, mannoz gibi) glukoz birimlerinden meydana gelmektedir. Hemiselüloz, odunun yapısal tamamlayıcısı olup, geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda iki farklı yapıda bulunmaktadır. Bunlar, iğne yapraklı ağaçlarda yaklaşık % 20-30, geniş yapraklı ağaçlarda % 25-40 oranında bulunmakta olup hücre çeperinin (dolayısı ile ahşabın) elastikiyeti üzerinde etkilidir. Hemiselülozlar, selülozdan daha kısa ve dallanan glukoz molekül zincirlerinden oluşmaktadır. Hemiselüloz 150 ya da daha az sayıdaki anhidrit şeker birimlerinden oluşmaktadır (Siau, 1995).

1.3.3. Lignin

Fotosentez ile üretilen şekerler, lignin gibi yüksek molekül ağırlığına sahip kompleks molekül serilerinin oluşumunu da başlatırlar. Lignin, üç boyutlu fenilpropan ünitelerinden meydana gelmiş olup, yapısında karbon, hidrojen ve

oksijen bulundurmasına rağmen bir karbonhidrat ya da bu sınıfa giren bir bileşik değildir. Lignin fenolik yapıya sahip bir maddedir. Lignin, hücre çeperini meydana getiren üçüncü yapısal komponenttir. Çok stabildir ve hücre çeperine (dolayısı ile ahşaba) sertlik vererek, onun basınç direncini arttırmaktadır. Termoplastik özelliktedir. Rutubet karşısında şişmeyi (ahşapta boyut değişikliğini) azaltmasının nedeni, yapısındaki hidroksil gruplarının tümünün su ile bağ oluşturmamasıdır. Selüloz ve hemiselüloz ile karşılaştıracak olursak çok daha az higroskopiktir. Lignin, iğne yapraklı ağaçlarda % 25-35, geniş yapraklı ağaçlarda % 18-25 oranında bulunmaktadır (Tablo 1) (Siau, 1995). Genel olarak geniş yapraklı ağaç ligninleri, iğne yapraklı ağaç ligninlerinden daha dayanıksızdır ve kolaylıkla degrede edilebilirler. Lignin, basıncı stabilize edip rutubet karşısında şişmeyi ve boyutsal değişmeyi en aza indiren bir maddedir. Bunu azaltmasının nedeni, hidroksil gruplarının tümünün, su ile bağ oluşturmamasıdır (Bozkurt, Erdin, 2000: 69).

Lignin renksiz bir maddedir. Özellikle güneş ışığına (UV ışınları) maruz bırakılıp havayla temas ettiği takdirde sarı renge dönüşmektedir. Odun hamurundan yapılan gazete kağıdının fazla lignin içerdiği için zamanla sararması bu durum için güzel bir örnek teşkil etmektedir (Bozkurt, Erdin, 2000: 69). Geniş yapraklı ağaçlarda lignin polimerleri iğne yapraklı ağaçlara oranla daha kolay bir şekilde degradasyona uğramaktadır. Ligninler, genellikle yapılarına göre sınıflandırılır (Hedges, 1998: 116).



Şekil 7: Lignin polimerlerinin yapı blokları. (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 41)

Tablo 1: İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarında polisakkarit ve lignin içerikleri. (Erdin, 2009: 21)

Hücre Çeper Bileşikleri	İğne Yapraklı Ağaçlar (%)	Geniş Yapraklı Ağaçlar (%)
Selüloz	45-50	40-45
Hemiselüloz	15-20	20-30
Lignin	25-35	18-25

1.3.4. Ekstraktif Maddeler

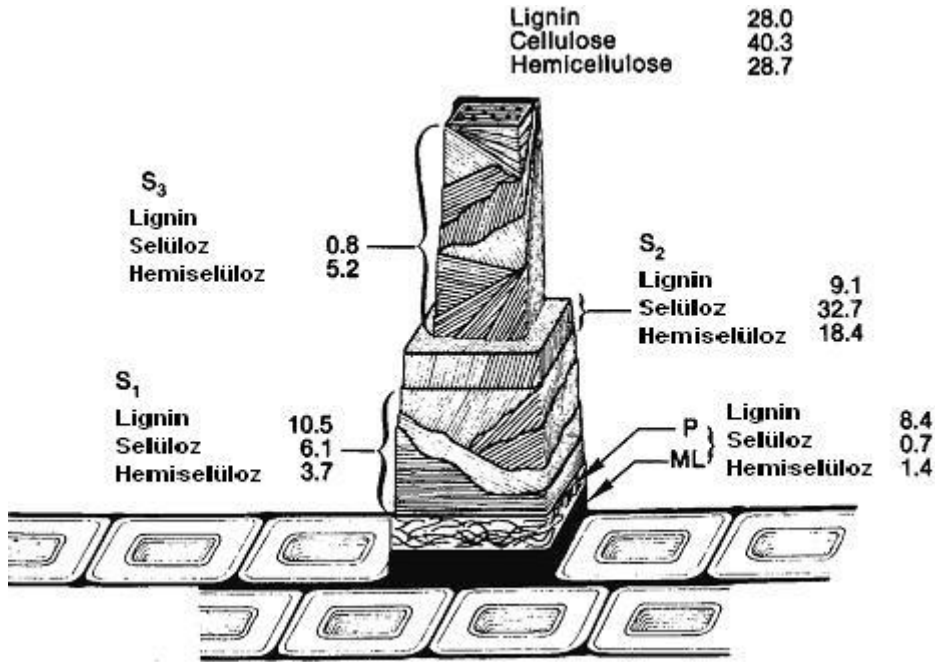
Ekstraktif maddeler, sekonder metabolitler olarak sınıflandırılmakta olup ağacın fizyolojik işlemlerinde ana görevi üstlenmediklerinden ikincil elemanlar olarak değerlendirilmektedir. Ilıman iklim kuşağında büyüyen ağaçlarda odunsu dokunun kimyasal yapısının yaklaşık % 90'ı veya daha fazla bir kısmı holoselülozlardan (selüloz, hemiselülozlar) ve ligninden oluşmaktadır. Bu bileşiklerin haricinde, genellikle öz odunda hücre çeperlerinde veya lümenlerinde ya da her ikisinde de yaklaşık % 1-10 oranında üretilen ekstraktif maddeler yer almaktadır (Bozkurt, Erdin, 2000: 71). Ekstraktif maddeler, hücre çeperinde aynı zamanda hücre lümeninde bulunan çözücülerde çözünen bileşiklerdir. Bu çözücüler tolüen, etanol veya eter olabilir (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 43). Bunların ağaçlarda patojen saldırıları önlemek veya yavaşlatmak için biyosentez edildikleri tahmin edilmektedir. Organik ekstraktif maddeleri sayacak olursak bunlar: tanenler, uçucu yağlar, reçineler, sakız, lateks, alkolooidler, boyar ve renkli maddeler, oleoresinler, flavonoller, antosiyaninler, glikozitler, polifenoller, şekerler, nişasta vb. kompleks organik bileşiklerdir. İnorganik ekstraktif maddeler ise, ılıman iklim kuşağında yetişen ağaçların odun dokusunda % 1'den az miktarda bulunmakta olup genellikle silis ile kalsiyum tuzları (kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat, kalsiyum oksalat) olarak görülmektedir. Ekstraktif maddeler ahşabı pek çok açıdan etkilemektedir. Örnek gösterecek olursak; öz oduna renk, koku, tad gibi özellikler kazandırmakta, ahşabın mantarlara, böceklerle karşı dayanıklılığını, yoğunluğunu, sertliğini, basınç direncini arttırabilmekte, geçirgenliği azaltmakta, yüzey işlemleri ve kurutmada sorun yaratmaktadır (Erdin, 2009: 22).

1.3.5. Hücre Çeperinin Kimyasal ve Ultrastrüktürel Yapısı

Odun dokusunu hücreler oluşturmaktadır. Hücre çeperlerinin temel kompozisyonunun karbon, hidrojen, oksijenin, çeşitli ligninlerden oluştuğu bilinmektedir (Tablo 2). Hücre çeperini oluşturan yapısal polimerlerin her birinin oranı ilkbahar odunu ve yaz odununda değişiklik göstermektedir (Hedges, 1990: 116). Hücre çeperleri ağırlıklı olarak selülozdan meydana gelmektedir. Bu yapısal polimerin zincir molekülleri vasıtasıyla meydana getirilen demetler, genellikle mikrofibril olarak tanımlanmakta ve bunlarda hücrelerin iskeletini oluşturmaktadır. Mikrofibrillerin üzerinde yer alan kimi bölgeler kristalin (ya da kristalit) yapıda, kimi bölgeler de amorf yapıda bulunmaktadır. Saçak misel teorisine göre, hücre çeperini meydana getiren polisakkaritler, mikrofibril adı verilen uzun iplikçikler şeklinde bir araya gelmektedir. Elektron mikroskobunda ortaya çıkan sonuçlar, mikrofibrillerin enine kesitlerinin, 10-12 nm genişliğe ve bunun yarısı kadar da kalınlığa sahip olduğunu göstermiştir. Ortada kristal yapıda bir öz kısmı bulunmaktadır. Mikrofibrillerin çevresinde hemiselülozdan oluşan bir kabuk tabakası vardır (Bozkurt, Erdin, 2000: 77).

Tablo 2. Hücre çeperinin elementer kompozisyonu. (Erdin, 2009: 22)

Elementler	Çeperde Bulunma Oranları (%)
Karbon (C)	49-51
Oksijen (O)	43-44
Hidrojen (H)	6-7
Azot (N)	0,1-0,3
Kül (Ca, K, Mg, Mn vb.)	0,2-0,6



Şekil 8: Hücre duvarının kimyasal kompozisyonu. (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 48)

Hücre çeperinin yapısı ile ilgili geliştirilen teorilerin hepsinde hücre çeperi, betonarme bir strüktüre benzetilmekte, betonarmedeki demir kısımları selüloz mikrofibrillerinin, çimento ve kum kısımlarını ligninin meydana getirdiği kabul görmektedir. Ahşabı diğer yapı malzemelerinden ayıran en büyük özellik selülozun yüksek elastikiyete sahip olması, amorf yapıdaki ligninin ise plastik özellik göstermesidir (Erdin, 2009: 23).

Elektron mikroskobu ile iletim ve destek görevi üstlenen hücrelerin çeperleri incelendiğinde, bunların birbirinden farklı 2 ya da 3 tabakadan meydana geldikleri görülmektedir. Bu hücrelerden en dışta primer çeper, sonra sekonder çeper (S₁+S₂+S₃ tabakaları) ve bazen siğilli tabaka bulunmaktadır. Hücreleri birbirine bağlayan ve orta lamel adı verilen tabakanın önemli kısmı ligninden oluşmakta, az miktarda pektin içermektedir. Orta lamel ve primer çeperin % 84'ü ligninden, % 13,3'ü hemiselülozdan ve % 0,7'si selülozdan oluşmaktadır. S₁ tabakası, % 51,7 lignin, % 30 selüloz ve % 18,3 hemiselülozdan oluşmaktadır. S₂ tabakası, % 15,1 lignin, % 54,3 selüloz ve 30,6 hemiselülozdan oluşmaktadır. S₃ tabakasında lignin çok az veya hiç bulunmamakta olup bu tabaka, % 13 selüloz ve % 87 hemiselülozdan oluşmaktadır (Wiedenhoeft, Miller, 2005: 48).

Primer Çeper: İki bitişik hücrenin primer çeperleri arasında hücreleri birbirine bağlayan orta lamel bulunmakta olup orta lamel izotropik, çoğunlukla lignin ve pektinden oluşan plastik bir maddeden ibarettir (Bozkurt, Erdin, 2000: 80). Selüloz mikrofibrilleri, bu tabakada gevşek ve düzensiz bir örgü gibidir. Mikrofibriller hücre eksenine ile yaklaşık 85°'lik bir açı yapar ve bu çeperin ortalama kalınlığı 0,06-0,09 µm'dir. Primer çeper, hücrenin büyümesi aşamasında çapının genişlemesini ve boyunun uzamasını kontrol eden tabakadır.

Sekonder Çeper: Sekonder çeper selüloz mikrofibrillerinin primer çeper üzerine yığılmasıyla meydana gelmektedir. Bu tabaka, en geniş çeper tabakası olup, primer çeperden daha fazla selüloz içermektedir. Mikrofibrillerin düzenindeki farklılıktan dolayı sekonder çeper birbirinden farklı özellikte S₁, S₂ ve S₃ olarak adlandırılan üç ayrı tabakaya ayrılmaktadır (Erdin, 2009: 24).

S₁ Tabakası: Sekonder çeperin S₁ tabakası olarak isimlendirilen en dış tabakasında mikrofibriller yatık helezon şeklindedir. Bu tabaka birkaç ince lamelden meydana gelir (Bozkurt, Erdin, 2000: 81). S₁ tabakası 0,25-0,50-1,0 µm kadar genişlikte, 4-6 lamelden oluşan bir tabakadır. Elektron mikroskobu altında primer çeperden ayırt edilebilmektedir. Mikrofibriller S₁ tabakasının dış kısmında daha yatık (z helezonu şeklinde) olup, S₂ tabakasına bakan iç kısmında hücre eksenine ile yaklaşık 60°-80°'lik açı yapmaktadır. Bu mikrofibril düzeni, hücrede (aynı zamanda ahşapta) enine yöndeki çekme direncini arttırdığı gibi, rutubetle karşılaştığında boyuna yöndeki değişimlerden de sorumludur (Erdin, 2009: 24-25).

S₂ Tabakası: Bu tabaka, mikrofibril bakımından daha yoğun ve hücre çeperinin en geniş kısmını oluşturur. S₂ tabakası hücre içerisinde en kalın tabaka olduğu için ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri (özellikle daralma-genişleme) üzerinde en fazla etkiye sahiptir (Bozkurt, Erdin, 2000: 82). 30-150 lamelden oluşan (ilkbahar odununda 1-2 µm, yaz odununda 3-8 µm) bu tabakada mikrofibriller hücre eksenine ile 10°-20° açı yapmakta, yani hücre eksenine hemen hemen paralel seyretmektedir (Erdin, 2009: 25).

S₃ Tabakası: Sekonder çeperin S₃ tabakası en içte bulunan tabaka olup S₁ tabakasından daha incedir (Bozkurt, Erdin, 2000: 82). Bu tabakada yer alan mikrofibriller hücre eksenine ile 60°-90° açı yaparlar. S₃ tabakası, kimyasal maddelere

ve boyalara karşı sekonder çeperin diğer tabakalarından daha farklı reaksiyon göstermektedir.

Siğilli Tabaka: Kimi ağaçların hücrelerinin lümen tarafında siğil şeklinde kalıntılar görülmektedir. Kalıntıların kimyasal yapısı lignine benzediği gibi ilave olarak proteinleri de içermektedir. Siğilli tabaka her ağaç türünde bulunmadığı için, ağaç türlerini birbirinden ayırmada önemli bir özellik olarak görülmektedir. Örnek verecek olursak bu özellik yardımı ile yumuşak çamları (veymut çamı, İsviçre fıstık çamı vb.), sert çamlardan (sarışam, karaçam, kızılçam vb.) ayırmak mümkündür. Yumuşak çamlarda siğilli tabaka bulunmamaktadır (Panshin, Zeeuw, 1980).

Hücre çeper tabakasındaki selüloz, lignin ve hemiselüloz oranları ile mikrofibril açıları, ahşabın direnç (mukavemet) değerleri üzerinde önemli bir yere sahiptir. Örneğin; boyuna yöndeki çekme direncini S_2 tabakasındaki mikrofibrillerin yönü nedeniyle selüloz belirlemekte olup hemiselüloz ve lignin ise ahşabın elastikiyetini ve basınç direncini etkilemektedir. Bunun dışında hücrelerin sekonder çeper tabakalarındaki mikrofibril düzeni, ahşabın rutubet alarak şişmesinde etkili olmakta ve özellikle ergin odundaki S_2 tabakası boyuna yöndeki şişmeyi sınırlayarak en alt seviyede tutmaktadır. Ahşapta boyuna yönde meydana gelen daralma-genişlemeye göre çok daha büyük olan enine yöndeki boyutsal değişimi ise, S_1 ve S_3 tabakalarında yer alan mikrofibrillerin yönü sınırlandırmaktadır.

Hücre çeperi yapısı gereği, suyun ve emprenye maddelerinin geçmesi bakımından kritik önemi olan çok sayıda boşluk alanlarını barındırmaktadır. Bir diğer ifade ile su ve diğer sıvılar molekül büyüklüklerine göre çeperdeki boşluk alanlarının boyutlarına bağlı olarak hücre çeperi içerisine yerleşebilmektedir. Yapılan araştırmalarda 0,3 nm çapları olan su moleküllerinin, hücre çeper kapillerlerinde (fibriller arası alanlarda), selüloz ile hemiselülozların hidroksil gruplarına bağlanarak, buralara kolaylıkla nüfuz edebildikleri belirlenmiştir. Su ve diğer kimyasal bileşiklerin bu hidroksil gruplarına bağlanabilme durumları ağır su (döteryum oksit, D_2O) ile yapılan işlemler yardımıyla kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

Hücre çeperleri içerisindeki fibriller arası boşluklara, molekülleri yaklaşık 0,6 nm çapta olan konsolidasyon maddelerinden sakkaroz ya da metil metakrilat gibi monomerler de nüfuz edebilmektedir. Fakat geçit zarlarında yer alan çok küçük

açıklıklar, birçok polimer çözeltisi için bir filtre etkisi yapmakta ve bunların geçmelerini engellemektedir. Bundan dolayı polimerlerin hücre lümenlerinde yalnızca birikinti ya da tortu şeklinde kalmaları mümkün olabilmektedir.

Suya doymuş ahşapta, suda çözünen ajanların hücre çeperine girebilme durumu, susuz organik çözücüler yardımıyla ve kuru ahşabın şişme ölçüleri baz alınarak tespit edilebilmektedir. Deneysel çalışmaların sonuçlarına göre; çapı 0,55 nm'nin üzerinde olan moleküller normalde absorbe edilen suyla beraber hücre çeperi içerisinde yer alan boşluk alanlarına nüfuz edebilmektedir. Diğer bir ifadeyle suda çözünen sağlamlaştırıcı ajanların düşük konsantrasyonlardaki sulu çözeltileri hücre çeperindeki suyu absorbe edebilmektedir. Bundan dolayı suya doymuş ahşabın konservasyonunda yüksek çekim gücü olan ajanları ya da etilen glikol monoetileter (cellosolve-petroleum) metodunda olduğu gibi suyun nüfuzunu kabul etmeyen alanları içeren ajanları kullanmak en iyi seçim olarak görünmektedir (Erdin, 2009: 24-26).

2. SUYA DOYMUŞ AHŞAPTA BOZULMA

Suya doymuş ahşap gemi elemanlarını koruyabilmek için onun geçirdiği bozulma sürecini bilmek oldukça önemlidir. Ahşabın geçirmiş olduğu degradasyon sürecinden geriye kalanlar ahşap ile birlikte korunacak malzemenin kendisini oluşturmaktadır. Bu degradasyon ürünleri ahşabın bozulma süreci hakkında oldukça önemli bilgiler vermektedir. Ahşap suya doymuş kaldığı sürece suyun şişirme etkisinden dolayı boyutlarını korumaktadır. Eğer ahşap herhangi bir konservasyon uygulaması yapılmadan kurumaya bırakılırsa, ciddi anlamda geri dönüşü olmayan çekme ve çarpılma oluşur, bunun sonucunda tarihsel objenin bütünlüğü kaybolur (Jong, 1979; Florian, 1990).

Ahşap nemli veya ıslak alanlarda uzun süre kaldıkça suyu emer ve en sonunda ıslak veya suya doymuş ahşap olarak değerlendirilir. Bu süreç içerisinde ahşabın fiziksel yapısında ve kimyasal ürünlerinde değişim yaşanır. Bu değişim, gemi ahşabını olumsuz derecede etkileyerek ahşabın konstrüksiyonel yapısını bozup ahşabı mikrobiyal saldırılara maruz bırakabilmektedir. Ahşabın yaşadığı bu fiziko-kimyasal süreç bozulmayı hızlandırmaktadır. Ahşabın bozulmasına neden olan süreç; ahşabın türü, yaşı, hangi amaçla kullanıldığı buna bağlı olarak bulunduğu ortam, ne kadar süredir nemli veya ıslak ortamda bulunduğu, ahşap yiyciler, mantarlar, bakteriler ve su hareketlerinin etkisi gibi kriterleri içermektedir. Bozulmayı etkileyen diğer faktörler mekanik aşınma, çevrenin özellikleri, nemlilik, sıcaklık, pH ve redoks potansiyelidir (Hedges, 1990: 111-140). Oseberg batığının kil içerisinde iyi bir şekilde korunması ise ortamın koruma üzerindeki önemini ifade etmektedir (Hafors, 2010: 3). Bozulma aerobik ve anaerobik koşullar altında meydana gelmektedir. Su ve doygun zemindeki oksijen miktarı, pek çok batıkta tespit edildiği gibi anaerobik koşullar ayrışmanın nedenlerinden birini oluşturabilmektedir. Ahşaptaki bozulma suya doymadan önce başlar. Bu duruma ahşabın küf mantarları ve *Teredo navalis* saldırılarına maruz kalmasını örnek olarak gösterebiliriz (Jong, 1982: 9).

Genel olarak suya doymuş ahşapta öncelikli olarak nişasta şeker gibi suda çözünen maddeler, sonra suda çözünen tuzlar, renk maddeleri, tanenler ve diğer ekstraktif maddeler yıkanmaktadır. Zamanla meydana gelen hidroliz nedeniyle hücre çeperlerindeki selüloz ve hemiselüloz parçalara ayrılarak dağılmakta ve hücre

eperindeki mikrofibriller arasındaki boşluklar artmaktadır. Geriye sadece odun dokusuna destek veren bir lignin ağı kalmaktadır. Hücrelerde kalan lignin ve absorbe edilen su ahşabın şeklini korumakta ve selüloz miktarındaki kayıp ahşabın toplam hacmi içinde fazla değişime neden olmamaktadır. Bunun nedeni porozite artışı ile ahşap bir sünger gibi suyu çekerek hacmini suyla tamamlamaktadır (Erdin, 2009: 33). Sonuç olarak suya doymuş hale gelen ahşap, aynı cins ve tür özelliklerine sahip diğer ahşaplarla kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından karşılaştırıldığında ilk halinden oldukça farklı özelliklere sahip çürümüş bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Schniewind, 1990: 87-109).

Kuruma sonrasında suya doymuş ahşaptaki çekmenin miktarı ahşaptaki bozulmanın derecesi ve ahşabın kimyasal kompozisyonu ile arasındaki ilişkiye bağlı olarak değişmektedir. Yine ahşabın çekmiş olduğu su miktarı da ahşabın kuruma sonrasında yaşadığı boyutsal deformasyonla yakından ilgilidir. Suya doymuş ahşap içerisinde serbest olarak bulunan su ahşabın yapısındaki boşluklardan buharlaşma ile çekildiğinde kapiler gerilim ile ahşapta çekme oluşur. Çekme aynı zamanda hücre duvarında bulunan bağlı suyunda çıkmasına neden olur (Barbour, 1982: 211). Selüloz ve ligninin dağılması ile hücreler ve moleküller arasındaki boşluklar artmaktadır. Bu durum ahşabın bol gözenekli ve su geçirgen bir yapıya sahip olmasına neden olmaktadır. Ahşapta bozulmaya uğramış tüm elementler, oyuklar ve moleküller arası boşluklar dahi su ile dolar. Hücre duvarında bulunan ligninden geriye kalan ahşap, suyu emer ve o anki şeklini korur. Yok olan ince selüloz dokusu ise ahşabın hacminde bir değişikliğe neden olmaz ancak ahşabın gözenekliliği suyu emdikçe artar. Suya doymuş ahşap bulunduğu ıslak ortamı kaybetmediği sürece şeklini korur. Aksi bir durumda ahşap hava ile direk temas halinde bırakılacak olursa içerisindeki suyu buharlaşma yolu ile kaybeder. Bunun sonucunda da suyun buharlaşması ile yüzey tansiyonunun neden olduğu baskı, zayıflamış hücre duvarında çatlaklara, çekme ve bükülmelere yol açar (Erdin, 2009: 33).

Suya doymuş ahşabın çekme ve büzülme durumu, kuruma ve stabilizasyonu açısından oldukça önemlidir. Suya doymuş ahşapta kuruma esnasında çok güçlü, çekme, eğrilme, çatlama, çökme bazen de ayrılma görülmüştür. Suya doymuş ahşaptaki hücresel çatlaklar genellikle kuruma esnasında gerçekleşmektedir. Suyun kapiler hareket ile buharlaşması sonucunda ahşapta büzülmeler oluşmaktadır. Hücre

yapısındaki bozulma ile kılcal damarlardaki artış sonucunda ahşabın spesifik yüzeyi azalmaktadır. Pratikte kurumuş ve çekmeye maruz kalmış suya doymuş ahşap, tekrar su ile temas ettiğinde şişerek eski haline dönmemektedir (Jong, 1982: 9). Normal ahşap kuruma esnasında çok az veya hiç çekme ve büzülme yaşamazken suya doymuş ahşapta şiddetli bir boyutsal deformasyon, çökme ve büzülme gözlemlenir. Bunun yaşanmasında iki önemli faktör vardır: Bunlardan birincisi, suya doymuş ahşap içerisindeki karbonhidratın dekompozisyonu ile selülozun kristal yapısının azalmasıdır. Bu olaydan sonra suya doymuş ahşap yeni ahşap ile karşılaştırılacak olursa son derece higroskopik bir hale gelmektedir. Ahşapta şiddetli çekmeler yaşanmakta olup bu çekmeler özellikle boyuna yönde gerçekleşmektedir. İkinci olarak şiddetli çekmeler sonucunda hücre duvarının dekompozisyonu ile ahşapta mukavemet kaybı meydana gelmektedir (Schniewind, 1990: 89).

Sıvı suyun uzaklaşması ile yüzey tansiyonunda meydana gelen stresin yaratmış olduğu baskı sonucunda zayıflamış olan hücre duvarı, bu durumun yarattığı gerilime karşı koyamaz. Sonuçta ahşap hücre duvarında çatlamlar meydana gelir (Unger, 2001: 31). İleri derecede oluşan boyuna çekmeler, selüloz mikrofibrillerinin dekompozisyonuna neden olur. Bu durum ahşapta meydana gelen strüktürel bozulmanın başlıca nedenidir (Payton, 1984: 82). Suya doymuş ahşapta yaşanan çekme, ahşabın yoğunluğunun azalmasına neden olur ancak bu durum tek neden değildir. Ahşabın içerdiği maksimum su miktarı ile boyuna çekme, teğet çekme ve hacimsel çekme arasında doğru orantı vardır (Hoffmann, 1986: 241). Ahşap kuruduktan sonra yaşanan çökme olayı, ahşap su ile tekrar temas etse dahi onarılamaz. Bu durumdaki ahşabın mikroskopik görüntüsü incelenecek olursa çökmüş hücreler ile normal yapıdaki hücreler yan yana olarak görülecektir. Tamamen kurumuş durumda bulunan bir ahşabı tekrar eski haline getirmek mümkün değildir; ancak bu durumdaki ahşap % 1'lik Sodyum hidroksit kullanımı ile yumuşatılabilir (Hoffmann, 1988: 174).

Bremen Cog Batığının ahşaplarında radyal kesitte % 9-10 teğet kesitte % 20 gibi yüksek oranda çekme tespit etmiştir. Boyuna çekme ise sifıra yakın olarak kaydedilmiştir. Bu bilgiler ahşapların yaklaşık olarak 105 °C'de fırında kurutulması ile elde edilmiştir (Jong, 1982).



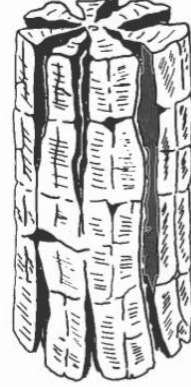
Fotoğraf 1: Kuruma öncesi suya doymuş ahşap. (W. Muskalla)



Fotoğraf 2: Emdirme olmadan gerçekleştirilen kurutma sonrası suya doymuş ahşapta meydana gelen deformasyon. (W. Muskalla)



Kuruma öncesi suya doymuş ahşap
a: radyal, b: teğet, c: boyuna



Kuruma sonrası suya doymuş ahşap

Şekil 9: Suya doymuş ahşaptaki çekme yönlerini tanımlamada üç ana yön belirtilmiştir. (Jong, 1982)

Yenikapı'da suya doymuş gemi ahşapları, kaldırıldıktan sonra içerisindeki su miktarının korunabilmesi ve tuzdan arındırma prosedürüne tabi tutulabilmesi amacıyla kendi boyutlarına uygun olarak inşa edilen paslanmaz çelik tanklar içerisine yerleştirilmiştir. Altı yıl sonra yapılan karşılaştırmalar sonucunda ahşabın boyutsal olarak herhangi bir değişime uğramadığı tespit edilmiştir. Bu durumdaki ahşap açık hava şartlarına maruz bırakılırsa, ahşabın içeriğinde bulunan suyun buharlaşması ve yüzey geriliminin neden olduğu kuvvetin sonucunda zayıflamış hücre çeperlerinde geri dönüşümü olmayan çatlaklar oluşmakta ahşapta da daralma, çarpılma, çökme ve bunun gibi boyutsal deformasyonlar meydana gelmektedir. Yenikapı'da içeriğinde % 440 su bulunan bir ahşap parçası üzerinde yapılan deney sonuçları yukarıda anlatılan durumu kanıtlamaktadır. Ahşap öncelikle, kuruma sonrası değişimin tespit edilebilmesi amacıyla 1/1 ölçekte asetat üzerine çizilmiştir. Daha sonra örnek 30 °C sıcaklıkta iki gün bekletilmiştir. Deney sonrasında ahşapta yüksek oranda boyutsal değişim, çatlaklar, çökme, çarpılma gibi problemler tespit edilmiştir. Belirtilen problemlerin miktarı, ahşap içerisindeki mevcut suyun miktarına ve selülozun parçalanma derecesine bağlı olarak değişmektedir.



Fotoğraf 3: Suya doymuş ahşapta kurutma deneyi öncesi örnek. (N. Kılıç)



Fotoğraf 4: Suya doymuş ahşapta kurutma deneyi sonrası örnek. (N. Kılıç)

Yenikapı’da ahşapların maksimum su içeriklerinin tespit edilebilmesi amacıyla suya doymuş ahşap örneklerinin ıslak ağırlığı hassas terazi ile ölçülmekte ve daha sonra bu örnekler 24 saat boyunca 105 °C’de fırın içerisinde kurutulmaktadır. Örnekler desikatör içinde oda sıcaklığına geldiğinde tekrar tartılmakta ve maksimum su içeriği U_{max} (suya doymuş ahşabın içerisindeki maksimum su miktarı) % değerinde şu formülle hesaplanmaktadır:

$$U_{\max} \% = \frac{\text{Suya doymuş ahşabın ağırlığı} - \text{Fırın kurusu ağırlık}}{\text{Fırın kurusu ağırlık}} \times 100$$

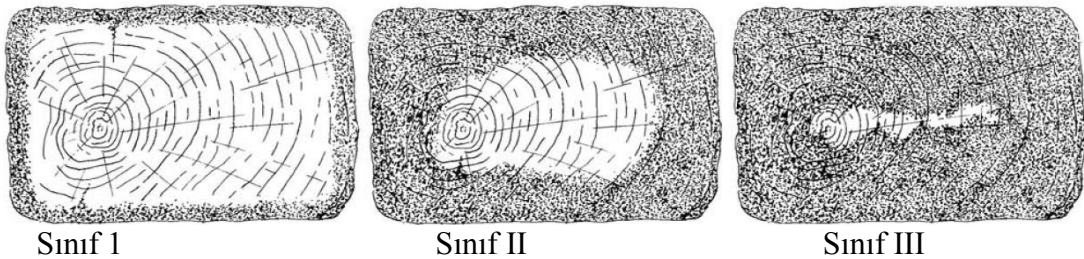
Suya doymuş ahşap taşıdığı su miktarına göre üç sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 3) (Hamilton, 1999: 24).

Objedeki su miktarı odun dokusunun hasar derecesine bağlı olarak düzensiz bir şekilde değiştiğinden, su miktarının ve su dağılımının belirlenmesi önemlidir.

Sınıf 1 (% 400'ün üzerinde su içeren ahşap): Odun dokusu geniş bir şekilde hasara uğramış, ahşap çok yumuşamıştır ve selüloz miktarı oldukça azdır. Bu durumdaki ahşapların sadece en iç kısmında çok az miktarda sağlam bir odun dokusu bulunmaktadır. Yenikapı'da bu sınıfa giren ahşapların bir kısmı kendi başlarına yerlerinden hareket ettirilememektedir. Bu sınıfa giren Yenikapı 3 no.lu batık gemiye ait çınardan elde edilerek üretilen geminin kaburgaları özel destekler kullanılarak yerlerinden hareket ettirilmiştir.

Sınıf 2 (% 185 – 400 arasında su içeren ahşap): İnce üst tabaka selüloz miktarı azalmış ve ilerlemiş çürüklüğün altında oldukça geniş, sert ve sağlam bir odun dokusu bulunmaktadır.

Sınıf 3 (% 185'den az su içeren ahşap): Bu sınıftaki ahşaplar hafif degradasyona uğramış, ahşabın su geçirgenliği artmamış ince bir yüzey tabakasının altında geniş ve sağlam bir odun dokusu bulunmaktadır. Bu sınıfta bulunan meşelerin konservasyonu oldukça zordur.



Sınıf I

Sınıf II

Sınıf III

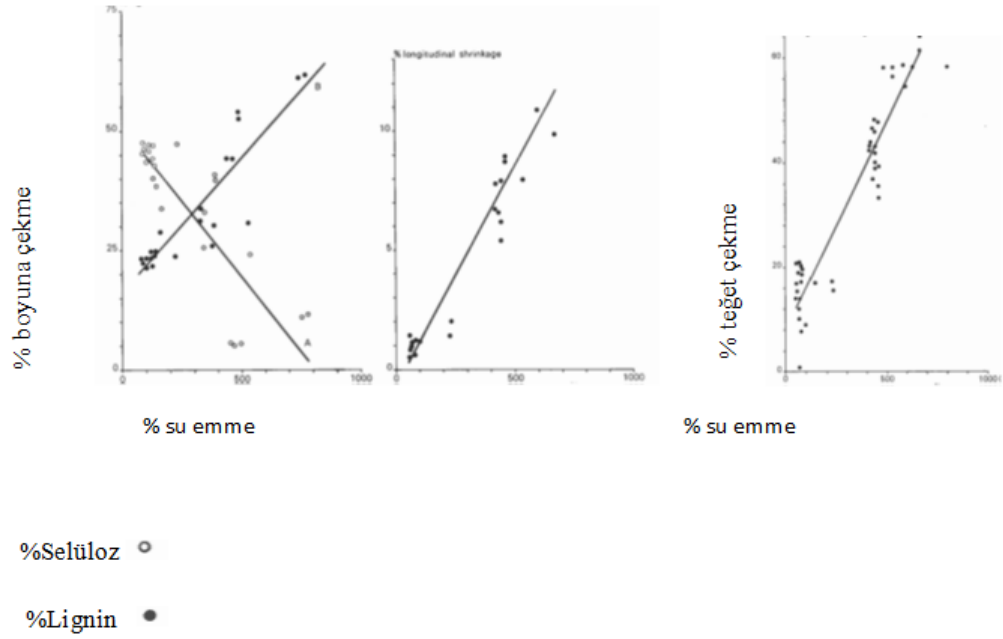
Şekil 10: Suya doymuş ahşapta bozulma sonrasında yaşanan değişim. (McConachie, v.d., 2008: 30)

Yenikapı’da bu sınıfta bulunan meşelere konservasyon kimyasalının emdirilmesi oldukça zor olmuştur. Uygulama sonrasında da ahşapta ufak da olsa çatlamlar gözlemlenmiştir. Yukarıda verilen oranlara sahip suya doymuş ahşap açık havada kurutulursa daralmakta, çarpılmakta, lif yönüne paralel çatlaklar oluşmakta ve orijinal formunu kaybetmektedir. Bu aşamada sekonder etkiler olan mantarlar ve bakteriler de ahşaba saldırmaktadır. Böylece suya doymuş ahşapta odun dokusunun orijinal yapısı sadece hücre çeperlerinde bulunan suyla korunmaktadır. Su, ahşap tarafından buharlaştırılarak uzaklaştırılırsa ahşabın yüzeyinde çekmeye zorlayan kuvvetlerin etkisiyle zayıflamış hücre çeperleri birbirinden kopmakta ve odunun yapısı bozulmaktadır. Bu durumdaki ahşabın kurumasını önlemek yapılacak en önemli müdahaledir (McConachie, v.d., 2008: 30).

Tablo 3’e baktığımızda ahşabın içeriğindeki su miktarının artması ile selüloz ve lignin içeriğinin azaldığını, ahşabın kimyasal yapısında bir değişim yaşandığı görülmektedir. Yine bu grafikten hareket ederek maksimum su içeriğinin artması ile ahşapta meydana gelen boyutsal çekme, radyal çekme ve teğet çekmenin de arttığını anlayabiliriz.

Tablo 3:Çeşitli bozulma derecelerine sahip, farklı batık ortamlarından elde edilmiş Avrupa meşelerinin çekme durumları. (Jong, 1982)

Batık adı	U_{max}	Selüloz	Lignin	Boyuna çekme	Radyal çekme	Teğet çekme
Yeni ahşap	100-120	50-65	25-32	0.4	5	11
Utrecht Batıkları	130	45	25	1	8	19
Zwammerdam Batıkları	100-120	47	23	0.5	13	21
Bremen Cog	120-145	-	-	-	10	20
Bremen Cog	-	46	36	-	-	-
Utrecht Batıkları	375-415	5,5	51	10	10	33
Wasa	150	67	29	-	-	-



Şekil 11: Suyu doymuş ahşaptaki maksimum su miktarı, selüloz ve lignin ile boyuna ve teğet çekme arasındaki ilişkiye ait grafikler. (Jong, 1982)

Tablo 3 ve Şekil 11'deki sonuçlar değerlendirilecek olursa radyal çekmeyi tam olarak doğru ve kesin bir şekilde ölçmek oldukça güçtür. Sonuçlara göre suya doymuş meşe ağacının maksimum su içeriği ile ahşabın fiziksel ve kimyasal yapısı göz önünde bulundurulduğunda maksimum su içeriğinin fazla olduğu örneklerde, selüloz yapısının yok olduğu bunun yerini ligninin aldığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak maksimum su içeriğinin yüksek oranda olduğu örneklerde de çekme oranının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır (Jong, 1982).

Suya doymuş ahşabın bozulma süreci kuru ahşaptan farklıdır. Suyu doymuş ahşapta ilk olarak hemiselüloz kaybı olmakta bunu selülozun kaybı takip etmekte son olarak da lignin zarar görmekte ve ahşap daha geçirimli bir hale gelmektedir. Kuru ahşapta hava koşullarında ilk olarak lignin kaybı yaşanmaktadır. Mısır piramitlerinden çıkarılan ahşapta da suya doymuş ahşaptan farklı olarak ligninin oksidasyonu tespit edilmiştir (Schniewind, 1990: 87). Polisakkarit-asit hidrolizinde moleküler oksijen gereksinimi olmamakla beraber, ligninin dekompozisyonu için oksijene ihtiyaç duyulmaktadır. Suyu doymuş ahşap oksijenli bir ortamda bulunmadığı için ligninin değişmeden kalması bu durum için örnek olarak gösterilebilir (Hedges, 1990: 112). Anaerobik koşullar altında demirin korozyon

ürünlerinin bölgesel nitelikte biosidal etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Yenikapı'da bulunan suya doymuş meşe odunundaki demir çivi kullanılan alanların daha az bozulmaya uğraması bu durum için örnek olarak gösterilebilir. Bu alanlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen su doygunluğu testleri yukarıda anlatılan durumu destekler niteliktedir. Demir ve bakır korozyon ürünlerinin ahşabın degradasyonu üzerindeki birleşik etkileri ahşabın, su altında kalma süresine, türüne ve metal korozyon ürününün tipine göre değişmektedir. Uzun süre deniz altında anaerobik koşullar altında bırakıldığında odun dokusunda meydana gelen degradasyon artmaktadır (Unger, 2001: 46). Suya doymuş ahşabın içerdiği demir miktarı, gerçekleştirilecek konservasyon uygulamaları açısından değerlendirilecek olursa son derece önemlidir. Çünkü demirin, pirit (Demir II Sulfür, FeS_2) gibi indirgenen mineraller formunda oluşma ihtimali vardır. Eğer bu mineraller oksitlenirse, ahşapta bulunan polisakkaritlerin hidrolizine neden olarak sülfürik asit oluşumunu başlatabilmektedir. Polietilen glikol ile konservasyon işlemi gerçekleştirilen Vasa gemisinin ahşaplarının asiditesinde meydana gelen artış, geleneksel olarak gerçekleştirilen asitten arındırma yöntemlerinin başarılı olmadığını göstermiştir. Stokholm'de Vasa gemisi üzerinde bu konuyu çalışan Prof. Lars Ivar Elding ahşaplardaki asitlik derecesinin artmasını, ahşap içerisindeki sülfürik asit üretimine ve Baltık Denizi'nin oksijensiz suyunda yaşayan bakterilerin metabolik faaliyetlerine bağlı olduğunu ifade etmişti (Elding, 2011). Bunu hızlandıran diğer bir faaliyet ise geminin konservasyon işleminde kullanılan Polietilen glikoldür. Geminin konservasyon işleminde kullanılan PEG (Polietilen glikol) etkili bir iyon taşıyan elektrolittir. PEG ile Vasa'nın bağlantı elemanlarında kullanılan demir tepkimeye girmektedir. PEG ile emdirme işleminden sonra ahşapta yeni bir demir kaynağı sağlanmakta olup kükürdün oksidasyonu meydana gelmektedir (Giorgi, 2005).

2.1. Mantarlar

Ahşap tüketici mikroorganizmalar genellikle 2 farklı gruba ayrılırlar: mantarlar ve bakteriler. Mantar çürüklükleri de kendi içinde 3 ana gruba ayrılır: Bunlar, beyaz çürüklük, esmer çürüklük ve yumuşak çürüklüktür. Beyaz çürüklük ve esmer çürüklük gibi basidiomiset mantarlar ahşap çürütme aktiviteleri için nispeten

daha yüksek oksijen seviyesine ihtiyaç duyarlar. Havalandırılmalı çevre koşullarında ahşapta kısa sürede çok veya az bozulmada en baskın mantar türüdür. *Ascomycetes* grubundan olan beyaz çürüklük mantarları ve *fungi imperfecti* grupları toprak ve sudaki daha düşük oksijen seviyelerinde aktif olabilmektedirler. Bunların çürüklük aktiviteleri basidiomisetlerin çürüklüğünden önemli ölçüde yavaştır (Blanchette, 1990: 117).

Ahşap, ağırlıklı olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşmaktadır. Organik eserler içerisinde ahşap soğuk, ıslak, kuru ve anaerobik koşullara karşı uzun süre korunabilmektedir. Mantarlar ve bakteriler hemiselüloz, selüloz ve ligninin hidrolizi ile açığa çıkardıkları hücre dışı enzimlerle ahşapta mikrobiyolojik bozulmaya sebep olurlar. Mantarların sebep olduğu degradasyon, hücre dışı enzimler ahşap tarafından emilene kadar kapiler olarak ahşaba yayılabilmektedir. Sonuç olarak hücresel ürünlerin bozulması ile ahşap orjinal dayanımını ve gücünü de kaybetmektedir (Erdin, 2009: 52). Sualtında bulunan arkeolojik ahşaplara genel olarak yumuşak çürüklük mantarları zarar vermektedir. Yumuşak çürüklük mantarları genellikle 0–62 °C'leri arasında yaşamakta ve termofil canlılar olarak bilinmektedir. Bu mantarlar çeşitli oksijen ve pH seviyelerinde bulunan ahşaplara zarar verirken, kahverengi ve beyaz çürüklük mantarları daha düşük seviyelerde pH ve oksijene sahip ortamlardaki ahşaplara zarar vermektedir. Bununla beraber yumuşak çürüklük mantarları farklı pH oranına sahip ortamlarda da yaşayabilmektedir (Grattan, 1987: 55).

2.2. Bakteriler

Ahşaptaki bakteriyel bozulma çoğunlukla mantar saldırısı ile birlikte devam eder. Bakteriler ahşapta renk değişimine neden olarak ahşabı bozulmaya uğratar. Ahşaba zarar veren bakteriler mikroskobik yapısına ve ahşaba arız olma şekillerine göre sınıflandırılırlar. Deniz suyunda yaşayan üç önemli deniz bakterisi vardır. Bunlar, tünel bakterileri, erozyon bakterileri ve oyuk açıcı bakterilerdir. Erozyon bakterileri çok düşük oksijen seviyelerinde yaşayabildiğinden suya doymuş ahşap için son derece zararlıdır (Blanchette, 1990: 141-174). Bunun dışında gelişikleri ortam şartlarına bağlı olarak da aerobik ve anaerobik bakteriler olmak üzere ikiye

ayrılırlar. Aerobik bakteriler, gelişmeleri için oksijene ihtiyaç duymakta ve selülozu hidrolitik yoldan degradasyona uğratmaktadır. Anaerobik bakteriler ise, oksijenin olmadığı yerlerde de yaşamlarını sürdürmekte ve fermantasyon oluşturmaktadır. Bu grup bakteriler özellikle suya doymuş ahşaba arız olmaktadır.

Erozyon bakterileri lümendeki hücre duvarında bulunan S_3 tabakasına saldırır ve ardından S_2 tabakasını dekompozisyona uğratır. Eğer suya doymuş ahşapta bu saldırı anaerobik koşullar altında gerçekleşirse S_2 tabakasındaki dekompozisyon düzensiz bir şekilde olmaktadır (Nilsson, 1999: 72). Birçok durumda dekompozisyonun ilerlemesi ile orta lamel bozulmadan kalır. Bakteriyel saldırıya geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları da maruz kalır. Tünel bakterileri ise hücre duvarındaki S_2 tabakasına nüfuz eder. Bakterilerin bölünmesi tünel sayısını hızlı bir şekilde artırarak dallanmış tünel sisteminin kurulmasına neden olur. Bu gruba giren bakterilerin saldırıları sonrasında orta lamel ve S_3 tabakası sağlam durumda kalabilir. Boşluk formu bakteriler de tıpkı tünel bakterileri gibi hücre duvarındaki S_2 tabakasına saldırır (Unger, 2001: 135).

Yıllarca ıslak ortamda bulunan eski ahşabın yüzey zonlarında yumuşama olmaktadır. Yenikapı kazılarında ele geçen kimi suya doymuş ahşap örneklerinin dış yüzeyinde permeabilite (su geçirgenliği) oldukça fazladır. Bu ahşapların iç kısımlarındaki permeabilitede artış olmadığı için konservasyon sonrasında şekil değişikliği yaşamamak için oldukça dikkatli olunmalıdır (Erdin, 2009: 48).

2.3. Asitler

Odun dokusunu meydana getiren hücrelerin çeperlerinde yer alan S_2 ve S_3 tabakalarında hemiselülozların ve selülozun asit hidrolizi, ya lümeden başlayarak ya da S_1 ve S_2 tabakaları arasındaki sınırdan başlayarak ilerlemektedir. Selülozun kristalin yapısının kırılmasından sonra, selüloz zincir molekülleri depolimerize olarak çözünmekte ve S_2 tabakasında kalan lignin matriksi büzülerek S_1 tabakasından ayrılmaktadır. Daha sonra S_1 tabakası da dekompoze olduğunda geriye sadece birleşik orta lamel ağı kalmaktadır (Unger, 2001: 43).

2.4. Ahşap Yiyiciler (Sualtında)

Denizel ortamdaki ahşap yiyiciler hem *Teredinidae* (gemi kurdu) ve *Pholodaceae* (iki kabuklu yumuşakça) olarak adlandırılan yumuşakçalar hem de kabuklular grubundan *Limnoria* (gribble), *Sphaeromatidae* ve *Cheluridae*'dir (Gareth, 1971: 122). *Teredinidae* 'ler normal gelişimi için 200 metre derinliğe kadar, *Pholodaceae* 'ler 2000 metre, *Limnoria* 'lar ise 530 metre derinliğe kadar yaşayabilmektedir. Denizel ortamda yaşayan tüm ahşap yiyiciler oksijene ihtiyaç duymaktadır (Grattan, 1987).

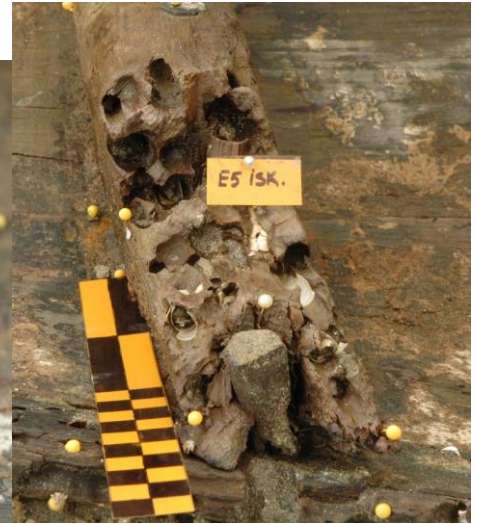
Sualtında bulunan suya doymuş ahşaba en fazla zararı veren ahşap yiyici ailesi *Teredinidae* 'lerdir. *Teredinidae* 'ler tuzlu deniz suyunda bulunan odun için en tehlikeli ahşap yiyici grubuna girmektedir. *Teredinidae* 'ler çift kabuklu uzun beyazımsı hayvanlardır. Bunların dağılımı suyun tuz miktarına ve sıcaklığına bağlıdır. Sıcak sularda faaliyetleri hızlı olmasına karşın suyun sıcaklığı düştükçe *Teredinidae* 'lerin faaliyetleri de yavaşlar. *Teredinidae* 'lerin en önemli türleri *Teredo* ve *Bankia* 'dır. Yetişkin durumda bir *Bankia* 'nın boyu 1500-1800 mm arasında olup, *Teredinidae* 'ninki ise 300-600 mm boyundadır. Bunların ahşap içerisinde açtıkları tünelin boyu 2 m 'yi bulabilmektedir. Bir diğer ahşap yiyici türü olan *Crustaceae* 'ler ahşabın dış bölümünde tünel açarlar ve ahşaba *Teredinidae* 'ler kadar zarar vermezler (Unger, 2001: 134-136).

2.4.1. *Teredinidae* (*Teredo navalis*)

Bu canlılar ahşabın üst bölümünden dairesel bir şekilde ilerleyerek 6-8 mm çapında oyuklar açıp özellikle öz odun bölümüne saldırırlar. Açtıkları tünellerin çevresini kalsiyum ile çevreleyerek ilerleyen *Teredo navalis* beyazımsı bir gövdeye sahiptir (Fotoğraf 5). Arka kısmında iki adet burun benzeri dairesel çıkıntıya sahip olup bir taraftan ahşabı yiyerek oyuklar açarken diğer taraftan oyukların çevresini kalsiyum ile kaplayarak ahşabın içerisine doğru ilerlerler (Fotoğraf 6 ve 7). Bunlar deniz suyunun tuzluluk oranı % 0,9 ile % 3,5 arasında olduğu ortamlarda 3 ile 3,5 yıl arasında yaşayabilir. Bu grubun diğer bir türü ise *Bankia* 'dır (Unger, 2001: 134-136).



Fotoğraf 5: Bir ahşap yiyici türü olan *Teredo navalis*. (Jensen, 2009)



Fotoğraf 6:Yenikapı 12 Batığı'nda *Teredo navalis* hasarları. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Fotoğraf 7:Yenikapı 12 Batığı'nda *Teredo navalis* hasarları. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

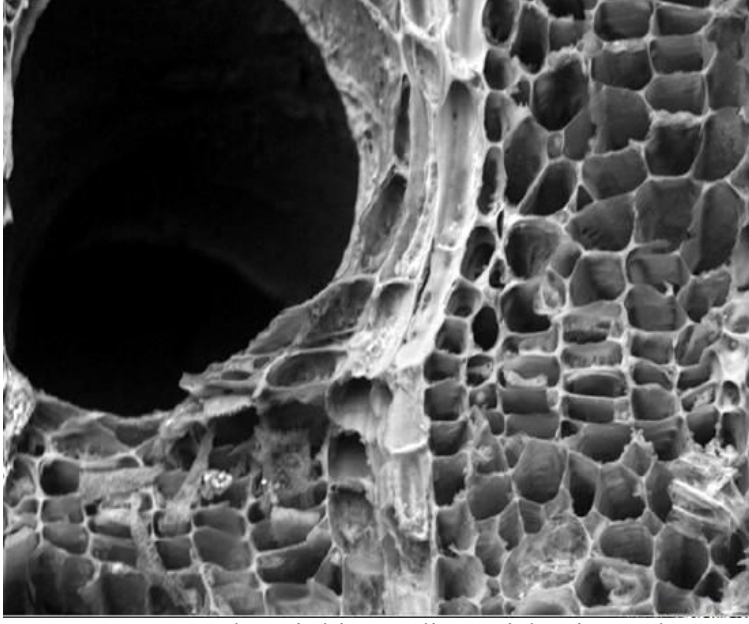
Teredo navalis, Yenikapı'da batıklara en fazla zarar veren deniz canlısı olarak tespit edilmiştir. Yenikapı batıkları hızlı bir gömülme sonucu korunarak günümüze kadar gelmiştir. Ancak bir süre sonra gömülen ve bir müddet açıkta kalan batıkların dışa doğru çıkıntı yapan bazı bölümleri, özellikle eğrilerin, postaların uç kısımları bu canlılar tarafından yoğun olarak saldırıya uğramıştır (Kocabaş, 2011).

2.4.2. *Limnoridae*

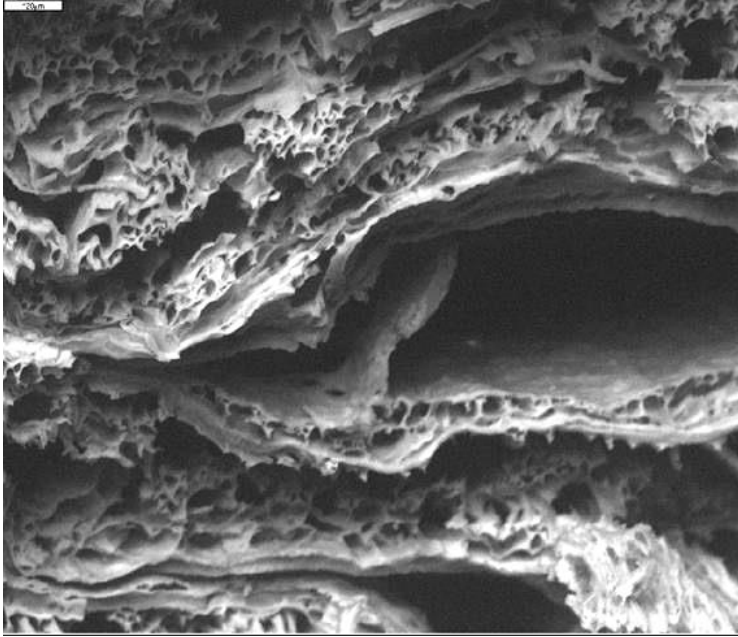
Bunlar soğuk ve ılıman denizlerin kıyılarında özellikle Kuzey Denizi'nin kuzey doğusunda, Kuzey Amerika'nın kuzey batı kıyılarında ve Orta Avrupa'da yoğun olarak yaşamaktadır. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlardan elde edilmiş her türlü oduna saldırırlar. Genellikle verdikleri zarar iğne yapraklı ağaçların ilkbahar odununda belirgin olarak karşımıza çıkar. Ahşap içerisinde 20 mm'den fazla ilerlemezler. Bir yıl içerisinde ahşap dıştan tabaka tabaka hasara uğratılarak 6-12 mm'ye kadar pul pul dökülür. *Limnoridae*'ler, *Isopoda*'lara benzemekte olup, basık tipli sarı – kahverengidirler. Orta Avrupa'daki *Limnoridae*'ler keskin kenarlı güçlü çene yapısına sahip olup boyları 4-5 mm'dir. Bunlar için ahşap hem besin kaynağı hem üreme ortamı hem de yaşam alanıdır. Bu hayvanlar genellikle 1 yıl süre ile 1,5-2 mm çapında bir tünel içerisinde çift olarak yaşamaktadır. Bunların yaşaması için deniz suyu içerisindeki tuz oranının % 1,5, sıcaklığın ise 9-10 °C olması gerekmektedir. Diğer türleri ise *Limnoriatripunktata* ve *Limnoriaquadripunktata*'dır (Unger, 2001: 134-136).

2.5. Mikrostrüktürel Yapıda Bozulma

Sualtında suya doymuş olarak bulunan ahşabın bozulma süresince geçirmiş olduğu değişimi şu şekilde ifade edebiliriz. Geniş yapraklı ağaçlarda ikincil hücre duvarında meydana gelen şişme, lignoselüloz kompleksinin ince yapısında gevşemeye neden olur ve hemiselülozun hidrolizi başlar. Bu süreç aynı anda tüm bölüm üzerinde hızlı bir şekilde yayılarak gerçekleşmektedir. Bu olay sonrasında sokonder hücre duvarının içinde bulunan selüloz S₂ ve S₃ lümen tarafından veya S₁-S₂ sınırından saldırıya uğrar. Burada bulunan selülozun kristal yapısı parçalanıp, zincir makromolekülleri bozulmaya uğrayarak çözünür. Bu aşamada lignin iskeleti hala bozulmamış olarak bulunan orta lamele bağlı olarak kalır. Bundan sonra S₁ tabakası, ancak orta lamel bileşim sistemi kalacak kadar bozulur. İkincil hücre duvarının bozulması ahşap yüzeyinden başlayarak ahşabın içerisine doğru yayılır.



Fotoğraf 8: Herhangi bir emdirme işlemi yapılmayan suya doymuş ahşaba ait mikroskop görüntüsü. (Jensen, 2009)



Fotoğraf 9: Herhangi bir emdirme işlemi yapılmayan suya doymuş ahşapta kuruma sonrası mikroskop görüntüsü. (Jensen, 2009)

Sürecin son aşamasında ise tamamen bozulmuş hücreler ile bozulmamış hücreler yan yana görünür. Hücrelerin bozulma koşullarına karşı dayanımı hücre türüne göre değişmektedir. Damarlar ve parانشim hücreleri bazen liflerden daha dayanıklı olup, bazen de daha az dayanıklıdır. Karbonhidrat ve lignin dağılımı, hücre

duvarının katmanına ve hücre tipine göre değişmektedir. Yapılan araştırmalara göre en dayanıklı hücre yapısı p-Hidroksil ve vanillil lignin yapısal birimleridir. Sonrasında, hücreler dayanımına göre sıralanacak olursa lignin birimleri, pektin, α -selüloz ve son olarak hemiselüloz gelmektedir. Genellikle ikincil hücre duvarının bozulması ahşap yüzeyi ile paralel olarak devam eder. Bozulmanın ahşap hücre yapısında meydana gelme hızı ve dağılımı, ahşabın gömülme koşullarına, ahşaba nüfuz eden yeraltı sularının kimyasal yapısına ve ahşap türüne göre değişmektedir. Ahşap türlerinin anatomik yapıları, geçirgenlikleri ve kimyasal yapıları birbirinden farklıdır. Örneğin ekstraktiflerin yapısı ve miktarı ahşap türüne göre değişebilmektedir. Ekstraktifler, hücre duvarı ultrastrüktürel yapısını kaplamakta ve hidrolize karşı karbonhidratları korumaktadır. Bu da ahşap türünün bozulma hızı ve dağılımı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Tüm bu bozulma süreci sonunda eski ahşaptan geriye, kristal selüloz içeren kırılğan yapıda orta lamel sistemi kalır. Kırılğan yapıdaki ahşap iskeleti sistemi üzerinde ilave olarak parçalanmış lignin artıkları bulunur. Ahşap su içerisinde kaldığı süre boyunca hücre boşlukları su ile doldurulmuş ve şişirilmiş olarak desteklenir. Bu durumda ahşap halen suya doymuş olmadan önceki anatomik boyuta sahiptir (Hoffmann, 1990: 63-64).

3. SUYA DOYMUŞ AHŞAP KONSERVASYONU

Suya doymuş ahşap konservasyonunda iki temel problem karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, serbest suyun ahşabın gözenek yapısından uzaklaşırken yarattığı çökmeler, diğeri ise bağlı suyun ahşabın gözenek yapısından uzaklaşırken oluşturduğu çekmelerdir (Jensen, 2009: 417). Suya doymuş ahşap konservasyonunda amaç yöntemin boyutları ve görüntüyü dengede tutmasıdır. En genel ifadeyle suya doymuş ahşap konservasyonu, ahşabın dekompoze olmuş hücre yapısı içerisindeki suyun uzaklaştırılıp bunun yerine ahşaba mekanik bir kuvvet verilebilmek amacıyla fiziksel ve kimyasal olarak durağan bir kimyasalın emdirilmesinden oluşmaktadır (Kocabaş, 1997: 27). Suya doymuş ahşabın konservasyonunda objelerin boyutlarında stabilizasyonun sağlanmasının yanı sıra ahşabın yapısının bozulmasını önlemekte oldukça önemlidir. Objelerde boyutsal durağanlık sağlandıktan sonra ikinci adım olarak zarar görmüş ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerinin önemli derecede iyileştirilmesi (konsolidasyonu) gerekmektedir. Böyle bir çalışmada da objelerin büyüklüğüne ve ahşabın cinsine göre kullanılacak yöntemlerde değişiklik yapılabilir. Örneğin; gemi enkazı gibi büyük objelerin konservasyonu uzun süren pahalı bir işlemdir. Ayrıca, kötü şartlarda muhafaza edilmiş suya doymuş ahşapta yüzey tahrip olmuşsa koruma işlemlerinde de sorunlar çıkabilir. Çünkü yüzeyi tahrip olmuş ahşabın dış tabakaları, içteki bozulmamış kısımdan daha fazla daraldığından, konservasyon maddelerinin her iki tabakada aynı seviyede absorpsiyonunu sağlamak güçlkle mümkün olmaktadır (Unger, 1994: 31). Suya doymuş ahşabın konservasyonu iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Bunlardan birincisi ahşap içerisinde bulunan suyu çıkarıp suyun çıkmasıyla oluşan boşluğun yerini ahşabın mekanik dayanımını artırmak için başka bir malzemeyle doldurmaktır. Diğeri ise suyun çıkması ile oluşacak çekme, çökme gibi biçimsel bozuklukları önlemek amacıyla kullanılacak yöntemlerdir (solvent, dondurarak kurutma). Suya doymuş ahşaplar genellikle tuzlu ortamlardan ele geçmektedir. Konservasyon işlemine ilk olarak ahşabı çözünebilir tuzlardan arındırma işlemiyle başlanır. Eğer bu tuzlar uzaklaştırılmazsa konservasyon sonrası ahşap yüzeyinde çiçeklenme gözlemlenebildiği gibi aynı zamanda bunlar ahşabın içeriğindeki demir bileşiklerini de olumsuz olarak etkileyecek, higroskopik bir yapı

oluşturacaktır (Hamilton, 1999: 24). Suya doymuş ahşap konservasyonunda kullanılan teknikler: Polietilen glikol (PEG), şeker, aseton–reçine, alkol–eter, kafur–alkol metodu, dondurarak kurutma, silikon yağı, melamin–formaldehit, (*Kauramin*, *Lyofix*, *Arigal C*) metodudur.

3.1. Polietilen glikol (PEG) Metodu

Polietilen glikol sentetik bir madde olup açık formülü şu şekildedir: $H_2OCH(CH_2OH)_2CH_2OH$. Çeşitli türlerde üretilmektedir. Bunlardan düşük molekül kütleli PEG (300-600) sıvı, orta molekül kütleli PEG (1000-1500) yarı sıvı veya vazelin kıvamında, yüksek molekül kütleli PEG (3250-6000) ise mum kıvamındadır. Farklı molekül ağırlığındaki polietilen glikoller karıştırılarak da kullanılmaktadır. Örneğin PEG 540; PEG 300 ile PEG 1500'ün eşit karışımından elde edilmektedir. Her ne kadar PEG fiziksel olarak mum benzeri olsada alkol (etanol, metanol, isopropanol) ve su içerisinde serbestçe çözünür (Hamilton, 1999: 24). Ahşabın bozulma durumuna göre farklı molekül ağırlığında PEG kullanıldığı bilinmektedir. Yüksek molekül ağırlıklı PEG (1500-6000) ikincil hücre duvarı tarafından daha zor emilmektedir (Astrup, 1994: 45).

Polietilen glikol yöntemi ıslak ahşap konservasyonunda kullanılan en yaygın yöntemdir. Burada su uzaklaştırılırken hacimsel bir değişim olmamaktadır. Ön temizlikten sonra PEG, belli bir konsantrasyonda su veya alkol içerisinde hazırlanmakta ve ahşap bunun içerisine yerleştirilerek emdirme işlemine başlanmaktadır. Bu yöntemin bir diğer uygulamasında ısı kullanılmaktadır. PEG çözeltisi bir süre sonra 60 °C'ye kadar yavaş yavaş ısıtılmaktadır. Daha sonra kullanılan solventin buharlaşması ile çözelti içerisine PEG ilavesi yapılmaktadır. PEG'in çözelti içerisindeki konsantrasyonu yavaş yavaş % 70'e kadar yükseltilmektedir. PEG'in ahşap tarafından tam olarak emilmesi için gereken süre ahşabın bozulma durumuna, boyutuna ve cinsine göre değişmektedir.

PEG suya doymuş büyük ahşap parçaları için su içerisinde hazırlanarak kullanılmaktadır. Suya doymuş küçük ahşap parçaların konservasyonu alkol içerisinde hazırlanarak da yapılabilmektedir. Bu yöntemde çözücü olarak alkol kullanılırsa ahşap, çözücü olarak suyun kullanıldığı uygulamaya göre biraz daha açık

renkli ve hafif olmaktadır. Çözücü olarak suyun kullanıldığı uygulamada, çözelti içerisine biyolojik aktivasyona karşı kullanılan PEG'in ağırlığının % 1'i kadar fungusit ilave etmek gerekir. Vasa gemisinin konservasyonunda PEG'in ağırlığının % 1'i kadar borik asit ve sodyum borat biyolojik aktivasyonu önleyici olarak çözelti içerisinde kullanılmıştır. Çözücü olarak alkol kullanıldığı takdirde üç alkol banyosundan sonra eser PEG-alkol karışımı içerisine yerleştirilmektedir. Bu uygulamada herhangi bir fungusit kullanımına gerek yoktur; çünkü alkol fungusidal etkiye sahip olup çözelti içerisinde biyolojik aktivasyonu önlemektedir. Çözücü olarak alkolün kullanıldığı uygulamalarda ısıtma yapılması oldukça risklidir.

PEG tüm metallere, özellikle de demire karşı korozyon etkiye sahiptir. Dolayısıyla konservasyon işlemi yapılacak olan ahşap içerisinde demir ve bileşiklerinin bulunması yöntem açısından risk taşımaktadır (Hamilton, 1999: 25).

3.2. Sakaroz (Şeker) Yöntemi

Yöntemin uygulama şekli PEG ile benzerdir. Konservasyonu yapılacak suya doymuş ahşap öncelikle temizlenir ve tuzdan arındırma işlemine tabi tutulur. Daha sonra ahşap, % 1-5 konsantrasyonları arasında hazırlanan çözelti içerisine yerleştirilir. Eğer ahşaptaki bozulma ileri derecedeysen bu durumda daha yüksek konsantrasyonda sakaroz çözeltisi hazırlanabilir. Bu yöntemle hazırlanan çözelti içerisinde oldukça yüksek oranda biyolojik aktivasyon tespit edilmektedir. Biyolojik aktivasyona karşı antimikrobiyal ajan olarak Dowicide A kullanımı tavsiye edilmektedir. Ahşabın bozulma durumuna göre ilk başta % 1 ile 5 konsantrasyon aralığında hazırlanan çözelti yavaş yavaş % 50 konsantrasyona kadar çıkarılır. Daha sonra çözelti konsantrasyonu, % 10 konsantrasyonda iki kez artırılarak % 70'e tamamlanır. Emdirme işlemi tamamlandıktan sonra ahşaplar kontrollü kurutma odalarına alınarak, hava ve nem kontrolü eşliğinde yavaş yavaş kurutulur.

Bu yöntemle konservasyonu yapılmış ahşaplar böceklerin ve kemirgenlerin saldırısına maruz kalmaktadır. Bu yöntemle konservasyonu yapılmış ahşapların bulunduğu ortamın iklimlendirme cihazlarıyla uygun bağıl nem değerlerinde tutulması gerekmektedir (Hamilton, 1999: 26).

3.3. Aseton –Reçine Yöntemi

Bu yöntemde amaç, ahşabın içerisindeki suyun uzaklaştırılmasından sonra oluşan boşlukların yerini doğal kolofon reçine¹ ile doldurmaktır. Özellikle yüksek molekül ağırlıklı PEG'in emdirilemediği geniş yapraklı ağaçlara kolofon emdirmenin daha kolay olduğu ifade edilmektedir (McKerrell, 1972: 111-125). Bu yöntemde ahşap üç aseton banyosu ile dehidre edilmektedir. Eser her 5 cm kalınlık için çözelti içerisinde en az iki güne ihtiyaç duymaktadır. Suyun tamamen alınıp yerine reçinenin emdirilebilmesi için bu sürenin korunması oldukça önemlidir. Sonrasında çözelti yavaş yavaş 52 °C'ye kadar ısıtılır, reçinenin konsantrasyonu % 67'ye kadar çıkartılır ve her beş cm için ahşap, çözelti içerisinde iki hafta bekletilir. Son olarak ahşap çözelti içerisinde çıkarılır ve nemli bezlerle silinir.

Asetonun ısı ile kullanılması riskli bir uygulama olduğu için bu yöntem genellikle küçük objelerin konservasyonunda kullanılmaktadır (Hamilton, 1999: 26-27).

3.4. Alkol – Eter Yöntemi

Bu yöntemde ahşap ilk olarak alkol banyosuna yatırılmakta ve su ile alkolün yer değiştirmesi sağlanmaktadır. Dehidrasyon için genellikle isopropanol veya etanol kullanılır. Daha sonra ahşap aseton banyosuna yatırılır. Ahşap aseton banyosu ile dehidre edildikten sonra asetonun uzaklaştırılması için dimetil eter içerisine daldırılarak, dimetil eter ile asetonun yer değiştirmesi sağlanır. Eter suya göre çok daha düşük bir yüzey tansiyonuna sahip olup buharlaşırken düşük yüzey tansiyonundan dolayı hücre duvarında çatlamalara sebep olmaz. Son olarak final yıkama banyosuna % 10 ile % 20 konsantrasyonda kolofon reçinesi karıştırılarak ahşaplar üzerinde sağlamlaştırma işlemi gerçekleştirilip, aynı zamanda bağıl neme karşı da korunma sağlanmış olur. Bu yöntem ahşaplara doğal bir görünüm vermektedir. Eter patlayıcı özellikte bir kimyasal malzemedir dolayısıyla çalışırken çok dikkat edilmelidir. Eterin bu özelliğinden dolayı yöntem, sadece küçük objelerde uygulanmalıdır (Hamilton, 1999: 27).

¹ Ahşap reçinesi.

3.5. Kafuru–Alkol Yöntemi

Bu yöntemde ilk olarak ahşabın içerisindeki su ile alkolün yer değiştirmesi sağlanmaktadır. Daha sonra tamamen kafuru ile yer değiştirilmektedir. Kafuru hücre duvarlarındaki boşluğu doldurup hücre duvarında herhangi bir yüzey tansiyonu oluşturmadan, yavaş yavaş süblimleşmektedir. Sonuç olarak ahşapta çatlama, çekme ve boyutsal kayıp olmamaktadır. Bu yöntemden sonra ahşap oldukça açık renkli olmakta ve kafuru tekrar alkol içerisinde çözünebilmektedir.

Yöntemin uygulaması şu şekilde gerçekleşmektedir. Ahşap önce % 50 su ve % 50 alkol karışımına yerleştirilerek dehidre edilmektedir. Bunu takip eden banyolar ise % 75 alkol-% 25 su; % 90 alkol-% 10 su ve son olarak % 100 alkol banyolarıdır. Bu işlemten sonra % 95 alkol ile % 5 kafuru karıştırılarak elde edilen çözelti 52 °C'ye kadar ısıtılır. Kafuru konsantrasyonu her seferinde % 5 artırılarak en sonunda % 75-80 konsantrasyona kadar çıkılır. Bu süreç birkaç hafta veya ay sürebilir. 52 °C'ye kadar sıcaklık gerektiği için, buharlaşan alkolün yeri yeni alkol ilavesi ile tamamlanır. Daha sonra ahşap banyodan çıkarılır ve alkolün buharlaşması için birkaç hafta bekletilir. Buharlaşma esnasında kafuru hücre duvarında kristallenir. Birkaç ay sonra kafuru ahşap yüzeyinden süblimleşme ile uzaklaşabilir. Bunu önlemek için ahşap yüzeyine mum, poliüretan, damar reçinesi veya kolofon uygulanmalıdır.

Yöntemde çözücü olarak alkol kullanıldığı için riskli bir uygulamadır ve yöntem genellikle küçük objelerin konservasyonunda kullanılmaktadır (Hamilton, 1999: 27-28).

3.6. Dondurarak Kurutma Yöntemi

Dondurarak kurutma yönteminde kırılğan durumda bulunan hücre yapısına dondurarak kurutma öncesi PEG emdirilir. Bu yöntemde hücre duvarında bulunan serbest su, süblimleşme ile uzaklaştırılırken kapiler tansiyon olmaz ve hücre duvarında çökme oluşmaz. PEG'in ilavesiyle PEG ve su yer değiştirir böylelikle ahşapta meydana gelecek çekme önlenmiş olur. Aynı zamanda PEG'in ilave edilmesi ahşabın mekanik dayanımını artırır. Dondurarak kurutma esnasında PEG, suyun donma esnasında meydana getireceği baskıyı önleyip ahşapta çatlama engellemektedir. Önceleri ahşabın içinde bulunan suyun donması ile buz

kristallerinin genişlemesi sonucu ahşap hücre yapısına zarar verebileceği düşünüüyordu. PEG'in ilave edilmesi dondurarak kurutma esnasında buz kristallerinin oluşmasını önleyerek ahşap hücre yapısındaki çatlamları da engellemektedir. PEG ile ön emdirme uygulamasından sonra ahşap dondurarak kurutma ünitesine yerleştirilir. Dondurarak kurutma çemberinin sıcaklık derecesi -32 ile -40 °C arasındadır. Ahşap bu çember içerisine yerleştirilir ve vakum uygulanarak ahşabın sıcaklık derecesinin -25 °C'ye ulaşması amaçlanır. İşlem esnasında buz kristalleri süblimleşir ve buharlaşarak donan su kondansörde toplanır. İşlem ahşabın içerisindeki su, bu yöntemle tamamen uzaklaştırılana kadar devam eder. Dondurarak kurutma işleminden sonra ahşap bağıl nemi % 45 ile % 60 arasında ayarlanmış bir ortamda depolanır (Jensen, 2009: 417 – 418).

3.7. Silikon Yağı Yöntemi

Silikon yağı yöntemi, küçük ahşap objelerin konservasyonunda kullanılan uygulamalardandır. Yöntem aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

1. Öncelikle eser doğrudan etanol banyosuna yatırılır. Sonra her 10 kg ağırlık için 1 saat vakum altında bekletilir.
2. Bu işlemten sonra eser, aseton banyosuna yatırılır ve 1 saat vakum altında bekletilir (Smith, 2003: 13-14).
3. Bir birim SFD-1 silikon yağı içerisine, silikon yağının ağırlığının % 4'ü kadar isobutiltrimetoksisilan ilave edilerek karıştırılır. Isobutiltrimetoksisilan, silikon yağı ile çapraz bağ kurarak bir sonraki aşamada kürleşecektir.
4. Daha sonra ahşap çözelti içerisinden çıkarılır ve ahşabın yüzeyindeki fazla silikon yağı kuru bir bezle silinir.
5. Ahşap, içerisinde bir miktar FASCAT Catalyst 4200 bulunan kap ile birlikte sıcaklığı 52 °C olarak ayarlanmış fırın içerisine yerleştirilir. Buharlaşma ile FASCAT ve silikon yağının reaksiyona girip ahşap içerisindeki silikon yağını kürleştirmesi amaçlanır (Hamilton, 1999: 28-29).

Bu yöntemden sonra ahşabın doğal bir görünüm kazandığı ve boyutsal bir değişime maruz kalmadığı ifade edilmektedir. Yöntemin geri dönüşümü yoktur (Smith, 2003: 13-14).

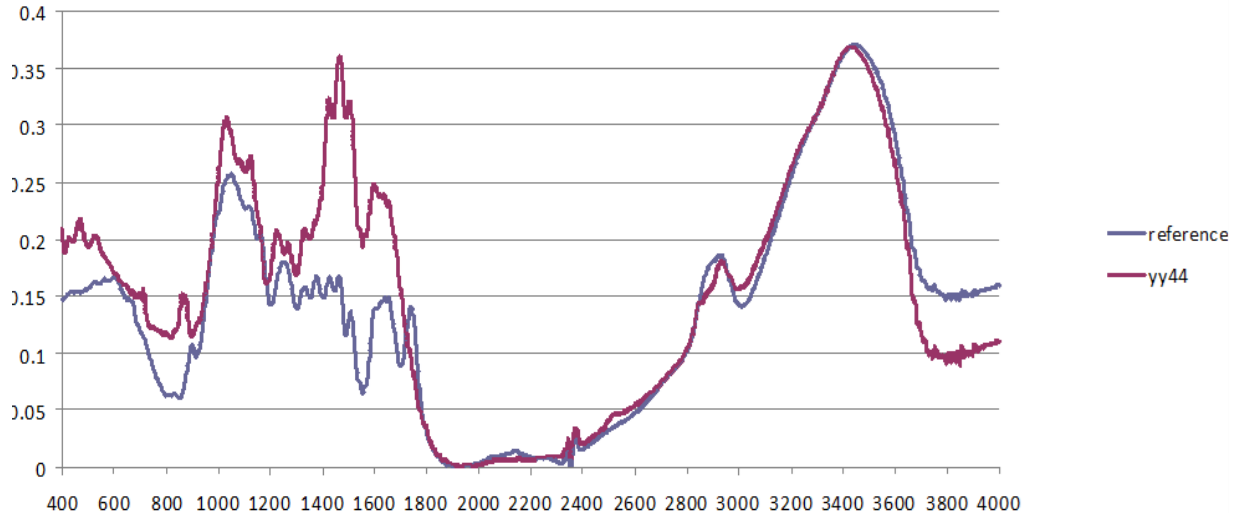
4. YK 12 BATIĞI AHŞAPLARININ KİMYASAL BOZULMA DERECEŚİ İÇİN FT-IR ANALİZİ VE SONUÇLARI

Yenikapı 12 numaralı batık gemiye ait ahşap örnekleri üzerinde geminin kimyasal bozulma durumunun tespit edilebilmesi amacıyla FT - IR analizleri Yrd. Doç. Dr. Öznur Özden tarafından gerçekleştirilmiştir. Analizlerin değerlendirilmesi Yrd. Doç. Dr. Öznur Özden ve Araş. Gör. Aslı Gökçe Kılıç tarafından yapılmıştır. Teslim alınan örneklerin dökümleri, diğer bir çalışmada Prof. Dr. Ünal Akkemik tarafından belirlenen cins isimleri ile birlikte Tablo 4’te verilmektedir.

Tablo 4: FT-IR analizi için çalışılan örneklerin numara ve türleri.

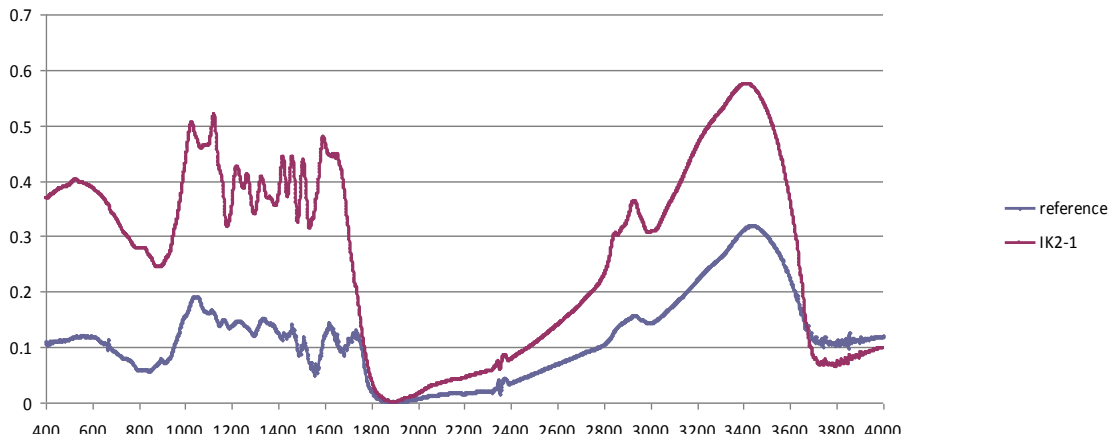
Örnek No	Örnek Türü
YK 12 YY44	Dişbudak
YK 12 SK3-1	Kestane
YK 12 İK2-1	Kestane
YK 12 İK6-2	Kestane
YK 12 E7	Ceviz

Sulu olan örnekler etüvde kurutulduktan sonra öğütüldü. Öğütülen örnekler, 40-120 mesh arasında 0,12-0,40 mm olacak şekilde ayrıldılar. Toz haldeki örneklerin 8.10^4 N basınçla 0,25 g örnek olacak şekilde, 1/100 (Numune/KBr) oranında paletler oluşturularak, gürültüsüz ortamda Perkin Elmer BX cinsi FT-IR’ da ölçümü yapılmıştır (Özden, 2012: 58). Ayrıca referans olması için sağlam örneklerde aynı işlem den geçirilerek ölçümler yapılmıştır. Batık gemi örnekleri ve sağlam örneklerin FT-IR sonuçları grafiklerde görülmektedir.



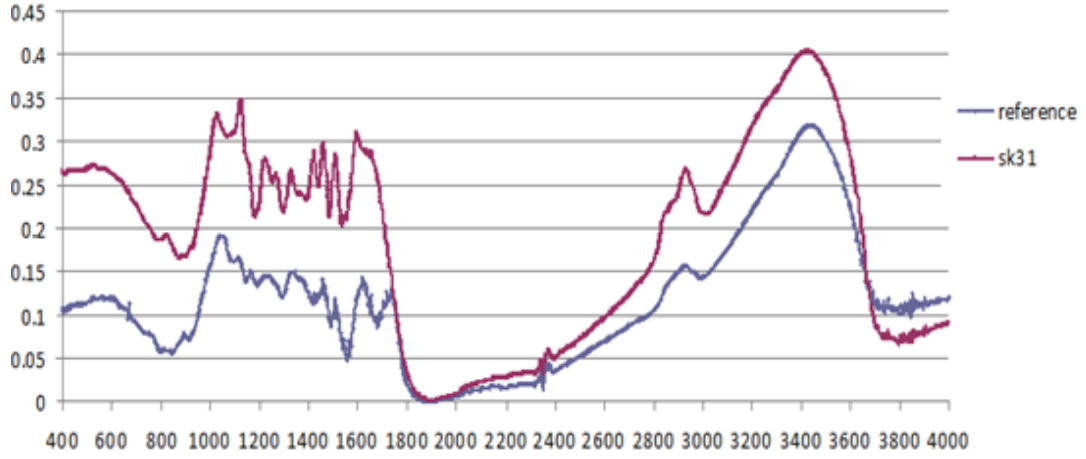
Şekil 12: Diş budak ağacı referans örneğinin ve YY44 örneğinin FT-IR spektralleri.

Yaklaşık 1736 cm^{-1} deki sinyaller hemiselülozdaki azalmayı göstermektedir. 1370 , 1160 , 1050 ve 898 cm^{-1} de pik yoktur bu da bize selülozda azalma olduğunu göstermektedir.



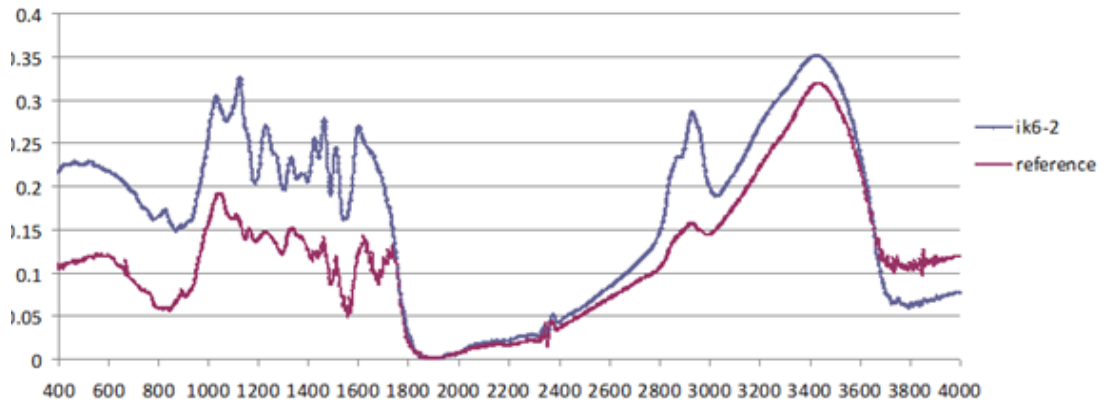
Şekil 13: Kestane ağacı referans örneğinin ve İK2-1 örneğinin FT-IR spektralleri.

1736 cm^{-1} de pik olmaması bize hemiselülozdaki azalmayı gösterir. 1160 ve 898 cm^{-1} de pik olmaması da selüloz azalmasını göstermektedir.



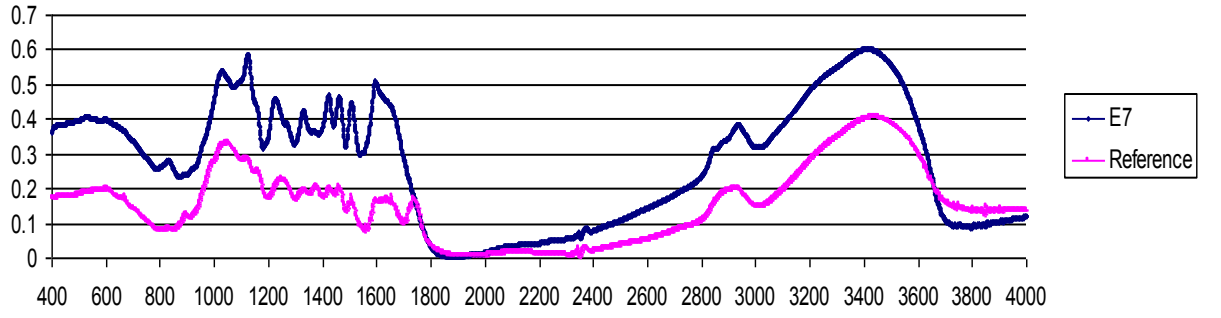
Şekil 14: Kestane ağacı referans örneğinin ve SK3-1 örneğinin FT-IR spektralleri.

1736 cm^{-1} de pik olmaması bize hemiselülozdaki azalmayı gösterir. 1160 ve 898 cm^{-1} de pik olmaması da selüloz azalmasını göstermektedir.



Şekil 15: Kestane ağacı referans örneğinin ve İK6-2 örneğinin FT-IR spektralleri.

1736 cm^{-1} de pik olmaması bize hemiselülozdaki azalmayı gösterir. 1160 ve 898 cm^{-1} de pik olmaması da selüloz azalmasını göstermektedir.



Şekil 16: Ceviz ağacı referans örneğinin ve YK12 E7 örneğinin FT-IR spektralleri.

1736 cm⁻¹ de pik olmaması bize hemiselülozdaki azalmayı gösterir. 1160 ve 898 cm⁻¹ de pik olmaması da selüloz azalmasını göstermektedir.

5. YK 12 BATIĞI VE KONSERVASYON UYGULAMALARI

5.1. YK 12 Batığı

YK 12 batığı Yenikapı kazı alanında taşıdığı amforalar ile birlikte bulunmuştur. Geminin içinde, sağlam durumdaki amforalar ve bu amforalara ait çok miktarda kırık parça tespit edilmiştir.



Fotoğraf 10:Yükü ile bulunan YK 12 batığı. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Batığın korunan uzunluğunun 7 m, karinanın en geniş yerinin 2,3 m olduğu tespit edilmiştir. Teknenin tam boyunun yaklaşık 9,6 m ve karinanın en geniş yerinin 2,6 m olduğu düşünülmektedir. - 1,3 m kodunda, doğu-batı doğrultusunda belirlenen batık ¹⁴C analizlerine göre MS 672-870 tarih aralığındadır (Kocabaş 2012:10). YK 12 batığı baş ve kıçta yarım güverteli, tek direkli ve Latin yelken ile hareket eden, küçük nakliye işlerinde kullanılan bir yük gemisidir.

Teknenin taşıdığı amforalar kaldırıldıktan sonra iç kısımdaki kaplamaların varlığı ortaya çıkmıştır. Belirli bir düzende üst üste bindirilerek demir çiviler yardımı ile eğri sistemine tutturulan iç kaplamada kullanılan tahtaların kalınlıkları 5-12 mm arasında değişmektedir (Özsait-Kocabaş, 2012: 112-114).

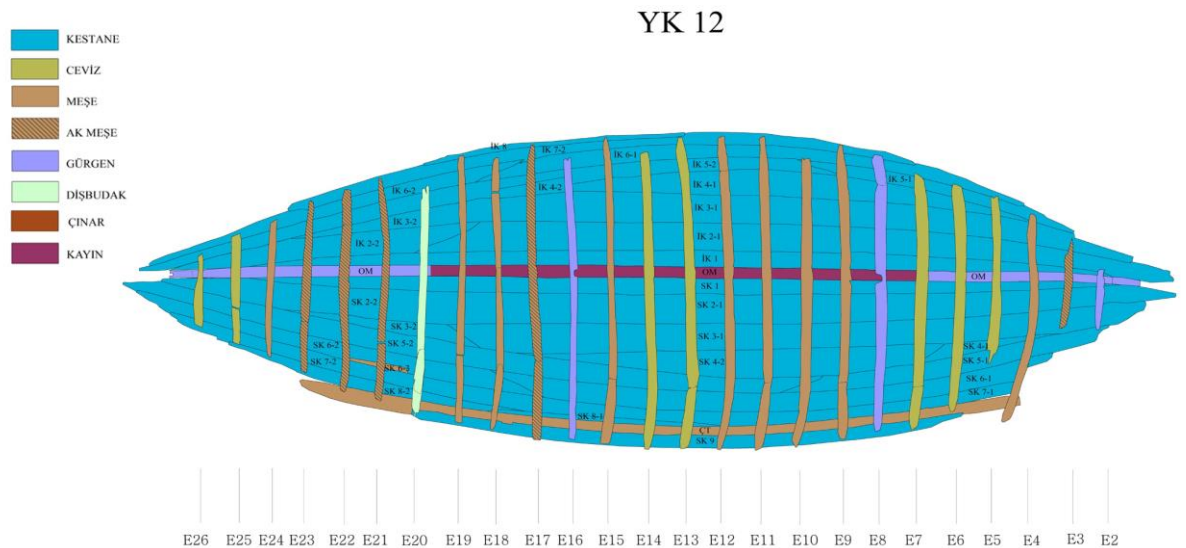
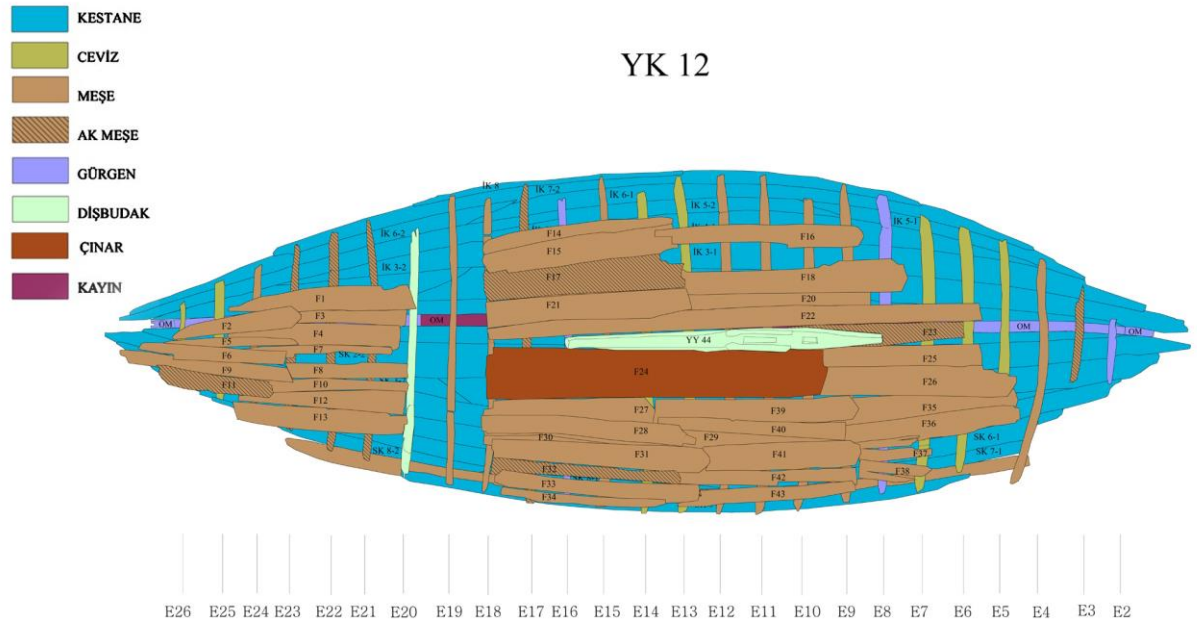


Fotoğraf 11:YK 12'nin yükü kaldırıldıktan sonraki hali. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Yenikapı 12 batığı, omurgası, baş ve kık bodoslamaları, 17 adet dış kaplama sırası, iki çapa tahtası, 25 adet eğrisi, bir yelken yatağı, 43 adet iç kaplama sırası ile bulunmuştur. İki ucunda bodoslama geçmeleri bulunan 3,63 m uzunluğundaki omurganın tamamı günümüze ulaşmıştır. Kenar hatları ve yüzeyleri bozulmadan kalmış olan omurganın, yükseklik ve genişliği kık kısmında 11,5 cm×9 cm, ortada 11 cm×10 cm, baş bodoslama ile birleştiği uçta 10 cm×9 cm'dir. YK 12'ye ait baş ve kık bodoslamalar omurga gibi iyi korunmuş durumda ele geçmiştir. Baş bodoslamasının orijinal uzunluğu 1,54 m, kık bodoslama ise 1,78 m uzunluğundadır. YK 12'nin sancak tarafında 9 adet kaplama tahtası ve bir adet çapa tahtası bulunmuştur. İskele tarafında ise 8 sıra kaplama tahtası günümüze ulaşmıştır. Dış kaplama tahtalarında *Teredo navalis* hasarı görülmektedir. Dış kaplama tahtalarının iç yüzlerinde kolofon reçine tabakası bulunmaktadır. Dış yüzlerinde ise bu reçine tabakası 0,5 cm ile 3 cm arasında tespit edilmiştir. Dış kaplamaların uzunlukları 1 m ve 5,1 m arasında değişmektedir.

YK 12'nin sancak tarafında bulunan birinci çapa tahtası parçası 4,65 m uzunluğundadır ve *Teredo navalis*'ler tarafından hasara uğratılmıştır. YK 12 batığında 25 adet döşek ile 15 adet posta günümüze kadar ulaşmıştır. Mevcut postaların uçları *Teredo navalis*'ler tarafından açılan yuvalardan dolayı hasar görmüştür. YK 12'ye ait yelken yatağı teknenin ortasına çok yakın bir konumda bütün olarak in situ yerinde ele geçmiştir. Yelken yatağı 2,05 m uzunluğunda, genişliği ortada 13,5 cm, baş ucunda 8,29 cm, kık ucunda 8,58 cm'dir. YK 12'nin iç

kaplamalarının uzunlukları, 150 cm ile 75 cm arasında değişmektedir (Özsait-Kocabaş, 2010: 79-231).

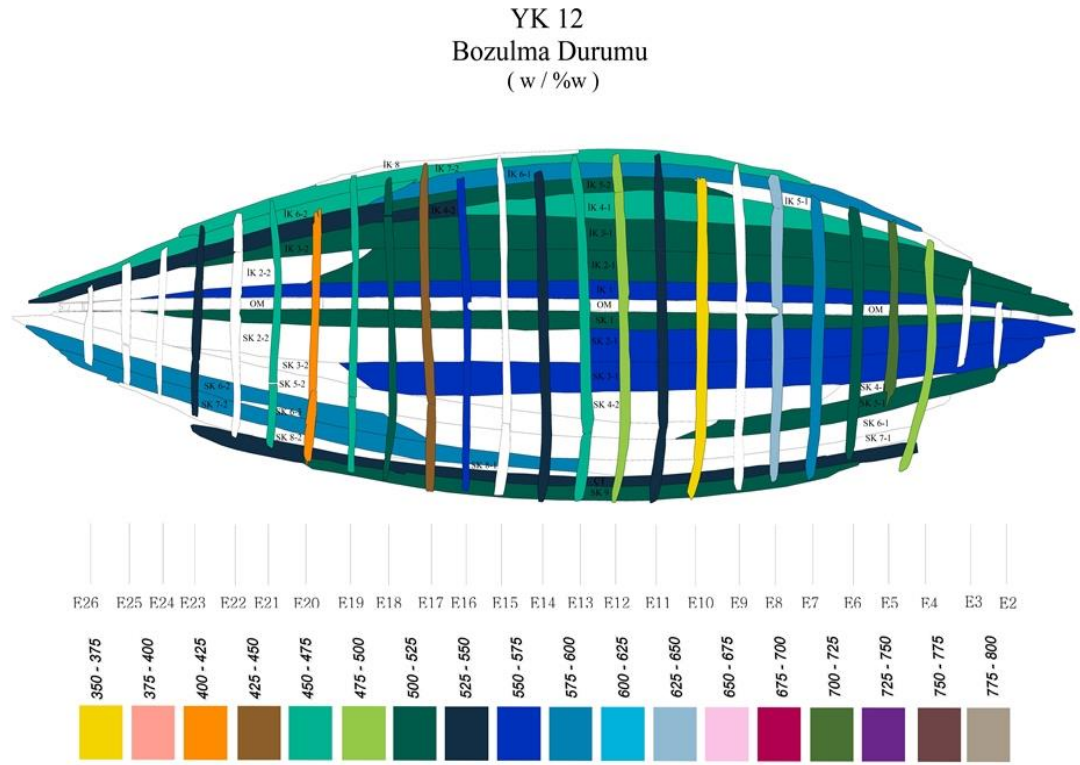


Çizim 1: Yenikapı 12 teknesi iç kaplamalarının ahşap cinsleri. (Akkemik 207: 2008)

Çizim 2: Yenikapı 12 teknesi eğri ve dış kaplamalarının ahşap cinsleri. (Akkemik 2007: 2008)

5.2. YK 12 Batığı Ahşaplarının Bozulma Derecesi

YK 12 batığına ait ahşap gemi elemanlarından bozulma derecelerinin tespit edilebilmesi amacıyla örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin ıslak ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüş, daha sonra bu örnekler 24 saat boyunca 104 °C’de fırın içerisinde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatör içerisinde oda sıcaklığına geldiğinde tekrar tartılıp maksimum su içeriği U_{max} % değerinde hesaplanmıştır. Elde edilen değerler grafik üzerinde ve gemiye ait çizim üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre YK 12 batığı bozulma oranı oldukça yüksek olarak tespit edilmiştir.



Çizim 3: YK 12 batığı ahşaplarının bozulma değerleri.

Tablo 5: YK 12 ahşaplarının bozulma değerleri.														
Suyun yoğunluğu			0,9982 g/cm ³											
Hücre duvarı maddesinin yoğunluğu			1,5 g/cm ³											

5.3. Yenikapı 12 Batığı Tuzdan Arındırma Çalışmaları

YK 12 batığına ait ahşapların içerisine yerleştirildiği tanklar, iki adet olup her biri 20 ton olmak üzere toplamda 40 ton hacme sahiptir. Havuzlar tuzdan arındırma işlemi esnasında suyun değiştirilebilmesi amacıyla tahliye vanasına ve yeni suyun doldurulduğu dolum vanalarına sahiptir.



Fotoğraf 12: YK 12 Batığına ait paslanmaz çelik havuzlar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Yenikapı 12 ahşapları 19.06.2009 tarihinde tuzdan arındırma işlemi için hazırlanan 2A ve 2B numaralı paslanmaz çelik havuzlara yerleştirilmiştir. Ahşaplar çelik havuzlara yerleştirildikten sonra ilk aşamada havuzlar şebeke suyu ile doldurulmuş ve 03.07.2009 tarihinde havuz suyunun tuzluluk miktarı 990 ppm olarak ölçülmüştür. Bu tarihten sonra 11.01.2010 tarihine kadar YK 12 tuz miktarı periyodik olarak havuz suyu değiştirilerek 290 ppm'e kadar düşürülmüştür. Bu tarihten sonra saf su kullanılarak tuz miktarı 40 ppm'e kadar düşürülmüştür (Tablo 6).

Tablo 6: YK 12 batığı havuzu tuz oranları.

Tarih	Tuz oranı (ppm)
03.07.2009	990
20.07.2009	780
29.07.2009	720
11.08.2009	680
19.08.2009	620
31.08.2009	580
04.09.2009	570
24.09.2009	490
05.10.2009	460
14.10.2009	390
11.01.2010 Bu tarihten sonra saf su ile tuzdan arındırma işlemine devam edilmiştir.	
20.10.2009	370
16.01.2010	240
28.01.2010	180
06.01.2010	130
16.02.2010	80
24.02.2010	70
04.03.2010	40

5.4. Mantar ve Biyolojik Aktiviteye Karşı İlaçlama

Ahşap parçaları havuz içerisine yerleştirildikten sonra havuz suyu içerisinde *deep-slide*² ile yapılan ölçümlerde biyolojik aktivitenin arttığı gözlemlenmiştir. Gözle yapılan incelemelerde bir tür ahşap yiyici böcek olan *Limnoria* yoğun olarak havuz suyu içerisinde tespit edilmiştir. İlk aşamada suda tespit edilen biyolojik aktivasyona ve böceklerle karşı herhangi bir ilaçlama yapılmamıştır. Bunun yerine havuz içerisindeki suyun yeni su ile değiştirilmesi suretiyle havuz suyunun temizlenmesi amaçlanmıştır. Ahşapların suyunun iki haftada bir değiştirilerek havuz suyu içerisinde biyolojik aktivasyonun zararlı boyutlara ulaşması engellenmiştir. Ancak yenilenen su içerisindeki oksijen seviyesinin yüksek olması ahşaplar üzerinde zarar verici bir etki oluşturabilmektedir (Jensen, 2009). Bunun engellenmesi amacıyla havuz suyu içerisinde bakteri, mantar, yosun ve diğer ahşap yiyicilerin oluşumunu engellemek ve var olanı yok etmek amacıyla biyosit kullanımına karar

²Havuz içerisindeki biyolojik aktivasyonun yoğunluğunu ölçmek amacıyla kullanılan alet.

verilmiştir. YK 12 havuzundan alınan su üzerinde yapılan çalışma ile uygun biyositin deney yolu ile bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla Exocite 1012, borik asit, boraks, sodyumpentaklorofenat, ayrı ayrı YK 12 havuzundan alınarak hazırlanan eşit hacme sahip ayrı su kutuları içerisine 1000/1 oranında ilave edilmiştir. Bir hafta sonra örnekler üzerinde yapılan ölçümlerinden elde edilen veriler ve göz ile yapılan incelemeler sonucunda borik asit, boraks, Exocite 1012, sodyum pentaklorofenatın, mantar bakteri oluşumunu önlediği ancak ahşap yiyeçilere karşı etkisiz kaldığı, buna karşın Exocite 1012'nin hem biyolojik aktivasyonu engellediği hem de ahşap yiyeçilere karşı tam etkili olduğu tespit edilmiştir.



Fotoğraf 13: Saf su tankına yerleştirilen YK 12 ahşapları. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)



Fotoğraf 14: Exocite 1012 kullanımı sonrasında ahşap üzerinde beyaz noktalar halinde görülen ölmüş *Limnoria* lar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Bu aşamadan sonra Exocite 1012'nin uygun oranı ve etki süresinin tespiti için farklı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre ilk uygulamada Exocite 1012 suya 1000/0,5 oranında ilave edilmiştir. İlk gün bakteri, mantar ve ahşap zararlıları ile ilgili yapılan ölçümlerde herhangi bir değişim tespit edilmemiştir. Üçüncü günde *Limnoria*'lar daha yavaş hareket etmeye başlamış, havuz suyu içerisinde yapılan ölçümler, aktivasyonda azalma olduğunu göstermiştir. Beşinci gün ise *Limnoria*'lar ölmüş, mantar ve bakteri aktivasyonu ciddi anlamda düşmüş, havuz suyu içerisinden koku alınmamıştır. Üçüncü haftanın sonunda suda yeniden *Limnoria* oluşmaya başlamış ve yapılan ölçümlerde mantar ve bakteri aktivasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. Altıncı haftada ise havuz suyunda *Limnoria*'ların gelişimi, mantar ve bakteri aktivasyonu ciddi anlamda artmıştır. Ayrıca sudan koku alınmaya başlanmıştır. İkinci denemede havuz içerisinde durağanlığın daha uzun süre sağlanabilmesi amacıyla kullanılan kimyasal miktarı artırılmıştır. Su içerisine 1000/1 oranında Exocite 1012 ilave edilmişti. İlk gün yapılan ölçümlerde herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir. İkinci gün *Limnoria*'ların hareketlerinde yavaşlama gözlemlenmiş ve yapılan ölçümlerde, bakteri ve mantar aktivasyonunun bir önceki güne oranla düştüğünü göstermiştir. Dördüncü gün *Limnoria*'lar ölmüş, su içerisindeki bakteri mantar aktivasyonu ciddi anlamda düşmüş ve havuzdan koku alınmamıştır. Sekizinci haftanın sonunda *Limnoria*'lar yeniden gözlemlenmiş ve yapılan ölçümler bakteri mantar aktivasyonunun arttığını göstermiştir.

Sonuç olarak, Exocite 1012'nin uygun oranlarda kullanıldığı takdirde havuz suyu içerisinde biyolojik aktivasyona ve ahşap yiyicilere karşı stabilizasyonu 8 haftaya kadar sağladığı tespit edilmiştir. Aşağıda Exocite 1012'ye ait bazı bilgiler verilmektedir.

Ticari adı: Exocite 1012

Kimyasal ismi: 5-chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one

Form: Sıvı

Renk: Sarı

Koku: Kokusuz

Kaynama noktası: yaklaşık 100 °C

Yoğunluk: 1,02 – 1,10 g/cm³ (20 °C)

Suda çözünübilirlik: (20 °C) Çözünür

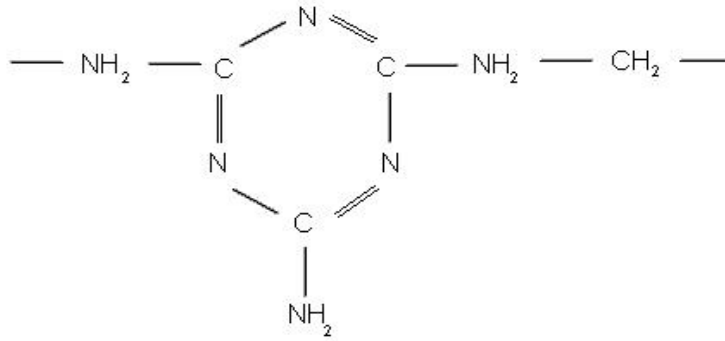
5.5.YK 12 Batığı Ahşaplarının Konservasyon Yöntemi İçin

***Kauramin* Yönteminin Araştırılması ve Koruma Uygulaması**

Islak ahşap konservasyonunda melamin formaldehit kullanımı 50 yıl önce A. Haas ve H. Müler Beck tarafından gerçekleştirilmiştir. Yöntem *Arigal C* metodu olarak bilinmektedir (Haas, 1961: 157-168). *Arigal C* üretimi 1970’li yıllarda durmuş ve *Lyofix* ticari adı ile ıslak ahşap konservasyonunda tekrar kullanılmıştır (Kremer, 1984: 78). Günümüzde Museum für Antike Schifffahrt Mainz’ın (Mainz Antik Gemi Müzesi) talepleri doğrultusunda BASF kimya şirketindeki bilim adamları ıslak ahşap konservasyonunda amino asit kullanımını çalışıp melamin formaldehiti ıslak ahşap konservasyonu için özel olarak formüle etmişlerdir (Kılıç, 2011: 186). Üretilen yeni ürünün ismi şu an kullanılan ve ıslak ahşap konservasyonunda başarılı bir şekilde uygulanan *Kauramin* emdirme reçinesidir. *Kauramin* metodu için *Lyofix* ve *Arigal C* yönteminin modern uygulaması denilebilir. *Kauramin* yöntemi oldukça avantajlı bir uygulamadır. Yöntemin teknolojisinde herhangi bir ısıtma tankına ihtiyaç duyulmadığı için uygulama oldukça basit olarak gerçekleşmektedir. Konservasyon süresi diğer konservasyon uygulamalarıyla, özellikle de PEG yöntemiyle karşılaştırılacak olursa oldukça kısa sürmektedir. *Kauramin*, PEG’e göre daha düşük molekül kütlesine sahip olduğu için ahşap tarafından daha kolay ve kısa bir sürede emilir. Yöntem, PEG uygulamasına göre daha ekonomik olup boyutsal stabilizasyonu sağlamada oldukça başarılıdır. Ayrıca uygulama sonrasında ahşap üzerindeki her ayrıntı çok açık bir şekilde tespit edilebilmektedir. Yöntemde ahşabın rengi açılmakta ve ahşap oldukça hafiflemektedir. Uygulamanın bu yönü, özellikle büyük ve ağır gemi parçalarının yeniden kurulabilmesi için oldukça avantaj sağlamaktadır. Yüksek derecede su çekmiş ahşabın konservasyon işlemi oldukça güçtür; ancak *Kauramin* yöntemi ile bu tür ahşapların konservasyon işlemleri de başarılı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Yöntemin bazı olumsuz tarafları da bulunmaktadır. Ahşap üzerinde çatlamlar ve küçük yatay çatlaklar oluşabilmektedir. Ayrıca ahşabın rengi doğal halinden çok

daha fazla açılabilir. Sistematik araştırmalar ile bu problemlerin çözülebilmesi amaçlanmaktadır (Hoffmann, 1998: 163).

Melamin reçinesi ilk olarak özellikle 1930’lu yıllarda sanayide (ahşap, mobilya, kumaş, deri) yaygın olarak kullanılmıştır. *Kauramin* kimyasal düşük molekül ağırlıklı ve düşük viskoziteye sahip olup (150-200 mPa.s) polimerleşme öncesinde su içinde kolay çözünebilirliği ve ahşaba nüfuz edebilirliği sayesinde ıslak ahşap konservasyonuna kolaylıkla uyarlanmıştır. Reçinenin polimerleşmesi ve tam olarak polikondansasyona uğraması geri dönüşümü olmayan çapraz bağlanma ile gerçekleşmektedir. Bu durum, pH değerine, sıcaklığa, çözeltinin asitlik özelliğine göre hızlanmakta veya yavaşlamaktadır. Kurumaya uğrayan reçinenin yaklaşık % 90’ı melamin reçinesidir (Witköpper, 2011).



Şekil 17: *Kauramin*’in yapısal formülü. (Witköpper, 2012)

Kauramin yönteminde, *Arigal C* ve *Lyofix*’ten farklı olarak; alkol eterleşme ile çözeltinin viskozitesi hızlı bir şekilde düşmekte ve çözeltinin polimerleşme süresi 14 aya kadar uzayabilmektedir. Amino reçineler sertleşme esnasında ahşabın kırılğan bir yapıya sahip olmasına neden olmaktadır. *Kauramin*’i daha elastik bir yapıya kavuşturmak için *Kauramin* etilenglikol ile modifiye edilmiştir. Bunun sonucu olarak *Lyofix* ile karşılaştırıldığında, *Kauramin* ile yapılan koruma çalışmalarında ahşaplar daha esnek olup daha az enine çatlaklara sahip olmaktadır. *Lyofix* ile yapılan koruma çalışmalarında ahşaplar daha gevrek olup daha kırılğan bir yapıya sahiptir. Museum für Antike Schiffahrt Mainz’da melamin reçinesi kullanılarak yapılan koruma çalışmaları 40 yılı aşkın bir süredir gerçekleştirilmektedir. Museum für Antike Schiffahrt Mainz’da bulunan gemilerin tamamının konservasyon çalışmaları bu yöntemle tamamlanmıştır. Şu anda aynı yöntemle konservasyon çalışmaları başarılı

bir şekilde yürütölmektedir (Hoffmann, 1998: 163). Türkiye’de de ıslak ahşap konservasyonunda melamin formaldehit kullanımı ilk kez bu tez çalışması kapsamında İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Araştırma Merkezi ve İstanbul Üniversitesi Edebiyat Faköltesi TKVKOB, Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarında gerçekleştirilmektedir.



Fotoğraf 15: İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Araştırma Merkezi dıştan görünüş. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Fotoğraf 16: İstanbul Üniversitesi Yenikapı Batıkları Projesi Araştırma Merkezi içten görünüş. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)



Fotoğraf 17: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Faköltesi Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Fotoğraf 18: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Faköltesi Gemi Konservasyon ve Rekonstrüksiyon Laboratuvarı. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

5.5.1. Temizlik

Konservasyonu gerçekleştirilecek suya doymuş ahşap, öncelikli olarak deiyonize su ile tuzdan arındırma prosedürüne tabi tutulmakta sonrasında mekanik olarak temizlenip organik ve inorganik asitlerden arındırılmaktadır. Bu işlem oldukça

önemlidir çünkü *Kauramin* asit ile polimerize olan bir kimyasal malzemedir. Örneğin humik asit ekstre edilmezse çözelti hızlı bir şekilde katılaşmaktadır.

Tuzdan arındırma işlemi paslanmaz çelik tanklarda gerçekleştirilmektedir. Paslanmaz tankın üstü ışık ve hava almayacak şekilde iyice kapatılmaktadır. Bu basit ama etkili yöntemle biyosit kullanımı da daha az miktarda gerçekleşmektedir. Tuzdan arındırma çalışması aşamasında tuzdan arındırma tankı pH metre ve kondüktivite aletleri ile yapılan ölçümlerle düzenli olarak kontrol edilmekte ve tuzdan arındırma tankının mümkün olduğunca nötr olması sağlanmaktadır. Tuzdan arındırma sürecini etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar, ahşabın türüne, boyutuna, bozulmasına, ahşabın bulunduğu toprağa, toprakta kalma süresine, ahşabın boyutu-su miktarı-suyun değiştirilme sıklığı ile arasındaki ilişkiye göre değişmektedir. Bu süre genellikle 1 ile 5 ay arasında sürmektedir.



Fotoğraf 19: YK 12 tankında gerçekleştirilen pH ölçümleri. (N. Kılıç)



Fotoğraf 20: YK 12 tankında gerçekleştirilen tuz ölçümleri. (N. Kılıç)

Tüm örnekler koruma uygulamasından önce çekmenin, çatlamanın anlaşılabilmesi için 1/1 ölçekte asetat üzerine çizilmiştir. Uygulama sonrası boyutsal değişim, çekme ve çatlamanın kontrolü bu çizimlerden takip edilerek gerçekleştirilmiştir.



Fotoğraf 21: 1/1 ölçekli asetat çizimi. (M. Sağır)

Kauramin emdirme uygulaması oda sıcaklığında gerçekleştirilmektedir. Tuzdan arındırma sonrasında gerçekleştirilecek emdirme işlemi için kasalar hazırlanmıştır. Bu kasaların içerisi hava ve ışık geçirmeyecek şekilde polietilen folyo ile kaplanmıştır.



Fotoğraf 22: Uygulamanın yapıldığı plastik kasalar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

Fotoğraf 23: Uygulamanın yapıldığı ahşap kasalar. (Yenikapı Batıkları Projesi arşivi)

5.5.2. Çözeltinin Hazırlanması

100 g *Kauramin* 800'ün içerisindeki aktif *Kauramin* miktarı 90 g'dır. Islak ahşap konservasyonunda genellikle % 20'nin üzerindeki konsantrasyonlar tercih edilmektedir (Wittköpper, 2011). Islak ahşap konservasyonunda uygun konsantrasyonun belirlenebilmesi amacıyla *Kauramin*, % 10, % 15, % 25, % 30, % 35 % 40, % 45 ve % 90 konsantrasyonlarında, saf su içerisinde ve oda sıcaklığında hazırlanarak kullanılmıştır. Yenikapı'da yapılan deneyler % 20'nin üzerindeki bileşimin dikkatli ve kontrollü bir kurutma için daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. *Kauramin* Museum für Antike Schifffahrt Mainz'da da % 25 konsantrasyonda hazırlanarak kullanılmaktadır. BASF firması tarafından hazırlanan *Kauramin*'in varil içerisindeki miktarı % 90 olduğu için aşağıdaki formül yardımı ile kullanılacak *Kauramin* konsantrasyonu belirlenmektedir:

% 25'lik çözelti hazırlamak için:

Kullanılacak *Kauramin* miktarı=

Aktif *Kauramin*'in solüsyon içerisindeki % miktarı (%90) – Hazırlanmak istenen yüzde (%25)

Hazırlanmak istenen yüzde (%25)

Kullanılacak *Kauramin* miktarı= 2,6 lt

Örneğin 5 Litre *Kauramin* kullanılarak % 25'lik *Kauramin* çözeltisi hazırlamak için 5 lt *Kauramin* × 2,6= 13 lt su. 13 lt su içerisine, 5 lt *Kauramin* karıştırılarak hazırlanmaktadır.

Tablo 7: Hazırlanmak istenen yüzdelere göre düzenlenmiş pratik *Kauramin* oran rehberi.

<i>Kauramin</i> (lt)	Saf su (lt)	% Miktarı
1	1	% 45
1	2	% 35
1	2,6	% 25
1	3,5	% 20
1	8	% 10

Yapılan deneylere göre *Kauramin*'in, ahşap tarafından ayda 1 cm emildiği bilinmektedir. Örneğin kalınlığı 4 cm olan bir ahşap tarafından *Kauramin* 1 ayda, alttan 1 cm, üstten 1 cm olmak üzere 2 cm ilerlemektedir.

Kürleşme gerçekleştikten sonra *Kauramin*'in ahşap tarafından emilimi devam etmemektedir. Dolayısıyla burada yapılacak müdahale *Kauramin*'in kürleşme sürecini yavaşlatmaktır. Bu amaçla çözelti içerisine kullanılan *Kauramin*'in % 0,5'i kadar trietanolamin ilave edilmektedir. Trietanolamin çözeltiyi daha alkaline hale getirerek kullanılan trietanolamin oranına göre çözeltinin kürleşmeden 12-14 ay gibi bir süre kalmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda trietanolamin kullanımı çözeltiyi alkaline halde tutarak, çözeltinin kürleşme sürecini yavaşlatıp bir anlamda ahşabın çözelti içerisinde daha uzun süre kalabilmesini mümkün kılmaktadır. Yenikapı'da yapılan deneyler trietanolamin ilave edilmeyen çözeltilerde kürleşmenin, trietanolaminin ilave edildiği çözeltilerden daha kısa sürede gerçekleştiğini göstermektedir. Küçük objelerde emdirme kısa sürede tamamlandığı için, trietanolamin kullanımına gerek yoktur. Trietanolaminin kullanılmadığı durumda çözelti 2 ay gibi bir süre sonra kürleşmektedir (Hoffmann, 1999: 164). Yenikapı'da yapılan emdirme uygulamalarında, trietanolaminin kullanımı özellikle kalınlığı 4 cm'yi geçen ahşaplarda tercih edilmiştir. Bununla kürleşme engellenerek, çözeltinin ahşabın en özü tarafından emilmesi sağlanmaktadır. % 1'in üzerinde trietanolamin kullanımı çözeltinin kürleşmesini bir yıla kadar geciktirmektedir. Kullanılan ahşabın türüne göre trietanolaminin kullanımı değişebilmektedir. Örneğin tanen içeren meşe ağacı asitli yapısından dolayı çözeltinin asitlik derecesini yükselterek kürleşme (rakı efekti) sürecini kısaltabilmektedir (Witköpper, 2011). Yenikapı'da yapılan deneylerin sonucuna göre meşe türü ahşapların emdirildiği çözeltilerde rakı efekti benzer oranlara sahip diğer çözeltilere göre daha çabuk gerçekleşmiştir. Ahşabın türü göz önünde bulundurularak kullanılacak trietanolamin miktarının belirlenmesinde yarar vardır.

Kauramin çözeltisi içerisinde bulunan formaldehit insan sağlığı için son derece zararlıdır. *Kauramin* çözeltisi içerisine, serbest kalan formaldehitin etkilerinin düşürülebilmesi için eklenen *Kauramin*'in % 5'i kadar üre ilave edilmektedir. Üre, çözeltinin viskozitesini düşürerek çözeltinin daha derinlere penetre etmesini sağlar. Ürenin ilave edilmesi çözeltinin ahşap içerisine nüfuz edebilme kabiliyetini

artırmakta üre-formaldehit reçinesi oluşturarak daha dirençli bir reçine meydana getirmektedir (Hoffmann, 1999: 164).

Çözelti içerisine, kullanılan *Kauramin*'in % 10'u kadar trietilenglikol ilave edilmektedir. Bununla ahşaba daha esnek bir yapı kazandırılmaya çalışılmaktadır (Witköpper, 2011). Yenikapı'da yapılan deneyler de trietilenglikolün kullanıldığı ahşaplarda enine çatlakların çok az olduğu ya da hiç olmadığı görülmüştür. Trietilenglikolün kullanıldığı ahşaplar daha esnek yapıda olmaktadır. Hazırlanan bu çözelti içerisine ahşap yerleştirildikten sonra emdirme kasası, hava ve ışık geçirmeyecek şekilde kapatılmalıdır. Aksi takdirde formaldehit, oksijen ile temas ederek reaksiyona girecek ve formik asit oluşturacaktır. Bu durum çözeltinin servis süresini düşürmektedir (Hoffmann, 1999: 164).

5.5.3. Çözeltinin Kontrolü ve Emdirilmesi

Hazırlanan çözeltinin pH'ı ilk olarak 8-9 arasında ölçülmektedir (Hoffmann, 1999:164). Ahşaplar çözelti içerisine yerleştirildikten sonra çözeltinin sistemli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Çözeltide rakı efektinin takip süreci pH, yoğunluk, rakı efekti testi, viskozite değeri gibi parametrelerin ölçümü ile mümkün olmaktadır (Witköpper, 2011). Yenikapı'da deney için hazırlanan çözeltilerde bu ölçümler yapılmış olup değerlerin girilebilmesi için bir tablo hazırlanmıştır (Tablo 8).

Tablo 8: Konservasyon sürecinin takip edilebilmesi amacıyla hazırlanan tablo.

Ahşap No:				Form-Nr.:						
Ahşap türü:				Geldiği Yer:						
Suya Doymuş Ağırlık:		Sualtı Ağırlığı:		Bozulma Yüzdesi:			Bozulma Derecesi:			
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :										
Ölçüm Tarihi:										
Tuz:										
pH:										
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı:										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%):					Saf Su:					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler:										
Kauramin'in çözelti içerisindeki konsantrasyonu:										
Üre:			Trietilenglikol:				Trietanolamin:			
Tarih:										
Yoğunluk:										
pH:										

Çözeltinin kürleşmeye başladığını gösteren en belirgin ölçüm rakı efekti testleridir (Witköpper, 2011). İlk haftalarda haftada bir kez bu testin yapılması gerekmektedir (Hoffmann, 1999: 164). Bunun için kontrolü yapılacak *Kauramin* çözeltisinden damlalık içerisine bir miktar alınır. Daha sonra şeffaf bir kap içerisine saf su doldurulur ve gerçekleşecek renk değişimini çok hassas bir şekilde tespit etmek için kabın altına siyah bir fon yerleştirilir. Damlalık içerisine alınan çözelti bu kabın içerisindeki saf suya damlatılarak çözeltinin saf su içerisindeki davranışı takip edilir. Saf su içerisinde *Kauramin* dibe doğru bir nokta halinde veya dağılarak

iniyorsa kürleşme daha başlamamıştır ancak *Kauramin* damlatıldıktan sonra beyaz bir renk alıp saf su içerisinde yavaş bir şekilde dağılıyorsa kürleşme başlamıştır. Bu olay polimerizasyonun başlayıp başlamadığını göstermektedir. Çözeltinin rengi kürleşme sürecine yaklaştığı zaman daha mat bir hal almaktadır. Ancak renk ile kürleşme zamanını tespit etmek çok zordur. Yenikapı’da yapılan bir deneyde çözelti rengi kürleşmeden iki gün önce normal olarak belirlenmiştir. Kürleşmeden bir gün önce belirgin olmayan bir matlık gözlemlenmiştir. Kürleşmenin gerçekleştiği zamanda çözelti belirgin bir şekilde mat bir hal almıştır. Yalnız tüm bu anlatılanlar çok kısa bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşmiştir. Bu da kürleşme sürecini yalnız çözeltinin rengine bakarak tespit etmenin çok riskli olduğunu göstermektedir. Çözeltinin takibi son derece önemlidir. *Kauramin* çözeltisinde kürleşme başladığı anda ahşaplar çözelti içerisinde çıkarılmalıdır. Aksi takdirde ahşap üzerinde beyaz bir lak tabakası oluşmaktadır. Bu beyaz lak tabakasını ahşap üzerinden, ahşaba zarar vermeden temizlemek mümkün değildir. Rakı efektini gören ahşap çözelti içerisinde yaklaşık olarak iki gün kadar bekletildiğinde ahşap üzerinde beyaz bir lak tabakası oluşmaktadır. Kimi durumlarda bu beyaz lak tabakası tespit edilememektedir. Bu durumda ahşap çeşme suyuna tutulduğu takdirde ahşap üzerinde beyaz bir lak tabakası oluşmaktadır. Tüm bunlar ahşabın rakı efekti sürecinin geçtiğini ve ahşapların çözülden çıkarılması için geç kalındığını göstermektedir. Bu süreç, bir haftayı geçtiği takdirde lak tabakasının ahşap üzerinde sertleşerek giderek kalınlaştığını göstermiştir. Bu halde ahşap üzerinden bu tabakanın alınması mümkün değildir. Tüm bu risk faktörlerinin yaşanmaması çözeltinin sistemli olarak kontrolü ile mümkün olmaktadır.



Fotoğraf 24: Ahşap üzerinde sertleşerek biriken beyaz tabaka. (N. Kılıç)

Konservasyonu yapılacak ahşaplara emdirilecek *Kauramin*'in akışkanlığı, emdirme süresi boyunca ilk ay haftalık olarak sonraki ay ise günlük olarak tespit edilebilmelidir. Başlangıçta *Kauramin*'in viskozitesi 150–200 mPa.s olarak ölçülmüştür. Suyun ve ürenin ilave edilmesi bu oranı düşürmüştür. Emdirme amacıyla kullanılacak *Kauramin* zamanla akmaya karşı daha dirençli hale gelmektedir. Akmaya karşı dirençli oldukları bu sürenin başlangıcı ve sonrası aynı zamanda emdirme işleminin de sürecini belirlemektedir.



Fotoğraf 25: Viskozite ölçümleri. (M. Sağır)

Yoğunluk ölçümü ile rakı efekti süreci arasında tam bir bağlantı kurulamamıştır. Örneğin çözeltinin hazırlandığı an ölçülen yoğunluk değeri 1,056 olarak belirlenmiştir. Yaklaşık dört hafta sonra değer 1,047 olarak belirlenmiş olup iki hafta sonra yapılan ölçüm sonrasında 1,051 değeri elde edilmiştir. Bu da kürleşme süreci ile yoğunluk arasında bir bağlantı olmadığı sonucunu gösterebilir.

Yapılan deneyler sonucunda pH ile kürleşme süreci arasında çok sıkı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İlk başlarda trietanolaminin % 1 oranında ilavesi ile pH oranı 9 olarak ölçülmektedir. Ancak ilk haftadan sonra yapılan ölçümler pH'nın 9'un altına düştüğünü göstermektedir. İkinci ayın sonunda yapılan ölçümlerde pH 8 olarak ölçülebilmektedir. Üçüncü ay içerisinde 7,7 olarak ölçülen değer beşinci ayda 7'nin altına düşebilmektedir. Beşinci ay içerisinde çözeltide rakı efekti oluşmakta ve çözelti kürleşmeye başlamaktadır. Yine çözelti içerisine asit ilave edildikten sonra yapılan ölçümler sonucunda pH'nın hızlı bir şekilde düştüğü ve çözeltinin rakı efektini görerek kürleşmeye başladığının tespiti kürleşmenin asitlik derecesi ile doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla çözeltinin ne zaman kürleşmeye başlayacağını anlamak ve kontrolü sağlamak için özellikle trietanolaminin ilave edildiği çözeltilerde dördüncü haftanın sonunda her gün, trietanolaminin ilave edilmediği çözeltilerde ikinci haftanın sonunda her gün ölçüm yapmak gerekmektedir. Yapılan ölçümler ile çözeltinin kürleşme zamanı takip edilerek, kontrol sağlanmış olacaktır.

Hazırlanan çözeltide günlük olarak pH ölçümleri yapılmıştır. Çözeltinin pH'ı, polimerizasyon başladığı zaman 6,5- 7 arasında ölçülmektedir. Başlangıçta ise pH 8-9 olarak ölçülmektedir. Çözelti asitlik arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi amacıyla kimi çözeltilerde % 1 oranında gliseroldiasetat kullanılmıştır. Giseroldiasetatın kullanıldığı çözeltide polimerizasyon çok daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Kuvvetli asitlerin kullanıldığı durumlarda çözelti çok daha kısa sürede rakı efektini görerek polimerize olmaktadır. Kimi çözeltilerde emdirmenin tam olarak tamamlandığı düşünülerek çözeltinin kürleşme süreci, asitlik derecesi yükseltilerek hızlandırılabilir (Hoffmann, 1999: 164). Bu da *Kauramin*'in polimerize olma süreci ile asitlik derecesi arasındaki ilişkiyi anlatmaktadır. Çözeltinin pH'ı düştükçe çözelti, kürleşerek rakı efektini görmektedir.

5.5.4. Emdirme sonrası

Emdirme sonrasında çözeltinin ahşap tarafından ne derece emildiğini belirlemek için nitrojen testi yapılabilir. Bunun için emdirmesi tamamlanmış ahşaptan alınan örnekler 15 saat boyunca 105 °C’de kurutulur. Bu örnekler ahşabın farklı derinliklerinden alınabilir. Bu örneklerin içeriğindeki nitrojen miktarı element analizleri ile tespit edilir. Ahşabın değişik bölümlerinden alınan örneklerdeki nitrojen miktarı eşit veya birbirine çok yakınsa başarılı bir emdirme işlemi gerçekleştirilmiştir (Witköpper, 2011).

Emdirme işlemi tamamlanan ahşaplar çözelti içerisinde çıkarılarak selülozik kağıtlara sarılmaktadır. Bu işlem ahşaptan sızan çözeltisinin kağıt tarafından emilmesini sağlamak için yapılmıştır. Aksi takdirde ahşaptan sızan *Kauramin* sıcaklığın etkisiyle ahşap yüzeyinde birikerek katılaşacaktır. Ahşapların kağıt ile sarılması işleminden sonra bu kağıtlar ıslatılmaktadır. Islatmaktaki amaç ise fırınlama esnasında kağıdın kurumasını engellemek ve ahşap yüzeyine yapışmasını önlemektir.



Fotoğraf 26:Ahşapların selülozik kağıtlara sarılması ve ıslatılması işlemi. (N. Kılıç)

Fotoğraf 27:Ahşapların selülozik kağıtlara sarılması ve ıslatılması işlemi. (N. Kılıç)

5.5.5.Fırınlama, Depolama ve Değerlendirme

Kağıtlara sarılan ahşap örnekleri sıcaklığı 50 °C olarak ayarlanmış fırın içerisine yerleştirilmiştir. Fırınlama işleminde Memmert inkübatör kullanılmıştır. Emdirmenin yapıldığı çözeltiden bir kap içerisine doldurulmuş ve bu kap fırın içerisine konmuştur. Bununla kağıtlara sarılı olarak bekletilen ahşapların emdiği çözeltinin fırın içerisinde 50 °C sıcaklığa karşı davranışı gözlemlenmiştir. Kap içerisindeki çözelti tam olarak katılaştıktan sonra fırınlama işlemi sonlandırılmıştır.

Ahşapların fırınlama süresi 8 ile 12 gün arasında değişmektedir. Fırınlama işleminden sonra ahşapların hava ile olan temasını engellemek için ahşaplar polietilen folyolara sarılarak depolanmıştır. Direk hava ile temas etmeye bırakılan ahşaplarda çatlamlar tespit edilmiştir.



Fotoğraf 28: Ahşapların fırına yerleştirilmesi ve fırınlama işlemi. (M. Sağır)



Fotoğraf 29: Fırın içerisine yerleştirilen küçük kap içerisindeki *Kauramin*'in kontrolü. (M. Sağır)

1., 2. ve 3. deney parçaları aynı çözelti havuzu içerisinde emdirme işlemine alınmıştır.

1.Deney Parçası E1 örneği

Tablo 9: 1.Deney Parçası E1 örneği konservasyon bilgileri.

YKBP. Batık No: Metro 20 çevresinden alınmış amorf ahşap örnekleri										
Ahşap No: E1					Form-Nr.:1					
Ahşap türü: Kestane					Geldiği Yer:Yenikapı					
Suya Doymuş Ağırlık: 2.53 g			Sualtı Ağırlığı: 2.49			Bozulma Yüzdesi: 573		Bozulma Derecesi: 1		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	08.06.10	21.06.10		03.09.10	30.09.10					
Ölçüm Tarihi:	21.06.10	15.07.10	31.07.10	21.09.10	16.10.10					
Tuz:	280 ppm	210 ppm	150 ppm	90 ppm	40 ppm					
pH:	7.6	6.8	6.9	7.2	6.9					
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı :										
Kauramin'in çözelti içerisindeki konsantrasyonu:%25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 5 litre					Saf Su: 13 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler :										
Üre: 250 gram			Trietilenglikol: 500 ml				Trietanolamin: 25 ml			
Tarih:	21.10.10	28.10.10	11.11.10	25.11.10	02.12.10	16.12.10	30.12.10	05.01.11	12.01.11	25.01.11
Yoğunluk:	1.053	1.056	1.049	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	1.053
pH:	8.6	8.5	8.3	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	25.01.11	Bitiş:	03.02.11	Sıcaklık:50 °C						



0 5 10 cm

Fotoğraf 30: Konservasyon işlemi öncesinde E1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)

Fotoğraf 31: Konservasyon işlemi öncesi E1 örneği arka yüz. (N. Kılıç)



Fotoğraf 32:Konservasyon işlemi sonrası E1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)

Fotoğraf 33:Konservasyon işlemi sonrası E1 örneği arka yüz. (N. Kılıç)

Uygulama sonrasında ahşap üzerinde çekme ve çatlama gözlenmemiş olup boyutsal durağanlık sağlanmıştır. Ahşabın rengi açılmıştır.

2. deney parçası, K1 örneği

Tablo 10: 2. deney parçası, K1 örneği konservasyon bilgileri

YKBP. Batık No: Metro 5 çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: K1					Form-Nr.:2					
Ahşap türü: Meşe					Geldiği Yer:Yenikapı					
Suya Doymuş Ağırlık: 3.08g		Sualtı Ağırlığı: 2.98g			Bozulma Yüzdesi: 343			Bozulma Derecesi: 2		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	15.01. 2011	22.01. 2011	22.01. 11	03.09. 10	30.09. 10					
Ölçüm Tarihi:	20.01. 11	22.01. 11		21.09. 10	16.10. 10					
Tuz:	440 ppm	450 ppm	170 ppm	120 ppm	40 ppm					
pH:	7.6	6.8	6.9	7.2	6.9					
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı:										
Kauramin'in çözelti içerisindeki konsantrasyonu:%25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 5 litre					Saf Su: 13 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler :										
Üre: 250 gram			Trietilenglikol: 500 ml				Trietanolamin: 25 ml			
Tarih:	21.10. 10	28.10. 10	11.11. 10	25.11. 10	02.12. 10	16.12. 10	30.12. 10	05.01. 11	12.01. 11	25.01. 11
Yoğunluk :	1.053	1.056	1.049	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	1.053
pH:	8.6	8.5	8.3	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	25.01.11	Bitiş:	03.02.11		Sıcaklık: 50 °C					



0 5 10 cm

Fotoğraf 34:Konservasyon işlemi öncesinde K1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)

Fotoğraf 35:Konservasyon işlemi öncesi K1 örneği arka yüz. (N. Kılıç)



Fotoğraf 36: Konservasyon işlemi sonrası K1 örneği ön yüz. (N. Kılıç)

Uygulama sonrasında ahşapta boyutsal durağanlık sağlanmış olup, çekme, çatlama, çökme gibi düzensizlikler oluşmamıştır. Ahşabın rengi açılmıştır.

3. Deney parçası 7 numaralı örnek

Tablo 11: 3. Deney parçası 7 numaralı örnek konservasyon bilgileri.

YKBP. Bank No: Metro 20 çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: 7						Form-Nr.:3				
Ahşap türü: Meşe						Geldiği Yer: Yenikapı				
Suya Doymuş Ağırlık:2.85			Sualtı Ağırlığı: 2.78			Bozulma Yüzdesi: 170		Bozulma Derecesi: 3		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	08.06 .10	21.06 .10		03.09 .10	30.09 .10	17.10 10				
Ölçüm Tarihi:	21.06. 10	15.07. 10	31.07. 10	21.09. 10	16.10. 10	21.10. 10				
Tuz:	260 ppm	210 ppm	180 ppm	110 ppm	90 ppm	60 ppm				
pH:	7.5	7.3	7.2	7.0	7.1	7.1				
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı (%):										
Kauramin'in çözelti içerisindeki konsantrasyonu:%25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 5 litre						Saf Su: 13 litre				
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler (%):										
Ure: 250 gram			Trietilenglikol: 500 ml				Trietanolamin: 25 ml			
Tarih:	21.10. 10	28.10. 10	11.11. 10	25.11. 10	02.12. 10	16.12. 10	30.12. 10	05.01. 11	12.01. 11	25.01. 11
Yoğunluk:	1.053	1.056	1.049	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	1.053
pH:	8.6	8.5	8.3	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç:	25.01.11	Bitiş:	03.02.11		Sıcaklık:	55 °C	Tedavi Sonrası Ağırlık:			



Fotoğraf 37: Konservasyon işlemi öncesi 7 numaralı örnek. (N. Kılıç)

Fotoğraf 38: Konservasyon işlemi sonrası 7 numaralı örnek. (N. Kılıç)

Uygulama sonrasında ahşap üzerinde çekme ve çatlama gözlemlenmiştir. U_{max} oranı oldukça düşük olan bu sert meşe örneğinde boyutsal durağanlık sağlanamamıştır.

4.Deney Parçası 8 numaralı örnek

Tablo 12: 4.Deney Parçası 8 numaralı örnek konservasyon bilgileri.

YKBP. Batık No:YK 12 ÇEVRESİNDEN AMORF AHŞAP ÖRNEĞİ										
Ahşap No: 8					Form-Nr.:4					
Ahşap türü: Dişbudak					Geldiği Yer:Yenikapı					
Suya Doymuş Ağırlık: 3.08g			Sualtı Ağırlığı: 3.00g			Bozulma Yüzdesi: 413		Bozulma Derecesi: 1		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	15.01. 2011	22.01. 2011		04.02.1 1	25. 02. 11	11.03. 11	25.03. 11	08.04. 11	15.04. 11	29.0 4.11
Ölçüm Tarihi:	20.01. 11	29.01. 11	03.02. 11	11.02. 11	04.03. 11	18.03. 11	01.04. 11	15.04. 11	22.04. 11	07.0 5.11
Tuz:	440 ppm	380 ppm	390 ppm	340 ppm	270 ppm	240 ppm	210 ppm	170 ppm	130 ppm	70 ppm
pH:	7.6	7.5	7.6	7.4	7.4	7.2	7.1	7.1	7.2	7.1
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı :										
Kauramin'in çözelti içerisindeki konsantrasyonu: %25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 13 litre					Saf Su: 33.8 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler :										
Üre: 650 gr			Trietilenglikol: 1300 ml				Trietanolamin: 130 ml			
Tarih:	09.05 .11	16.05. 11	23.05. 11	30.05. 11	15.06. 11	22.06. 11	13.07. 11	27.07. 11	09.09. 11	30.09 .11
Yoğunluk :	1.053	1.056	1.051	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	1.053
pH:	8.5	8.5	8.3	8.1	7.9	7.9	7.5	7.3	7.3	7.1
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	30.09.11		Bitiş:	11.10.11		Sıcaklık:		55 °C		



Fotoğraf 39: Konservasyon işlemi öncesi 8 numaralı örnek. (N. Kılıç)

Fotoğraf 40: Konservasyon işlemi sonrası 8 numaralı örnek. (N. Kılıç)

Konservasyon uygulaması sonrasında ahşap üzerinde çekme, çökme, çatlama tespit edilmemiş olup, uygulama öncesi var olan çatlaklarda çok az açılma gözlemlenmiştir. Yöntem, bu ahşapta boyutsal durağanlığı sağlamıştır.

5. Deney parçası 9 numaralı örnek

Tablo 13: 5. Deney parçası 9 numaralı örnek konservasyon bilgileri.

YKBP. Batık No: Teiaş batığı çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: 9						Form-Nr.:5				
Ahşap türü: Ceviz						Geldiği Yer:Yenikapı				
Suya Doymuş Ağırlık: 2.09g			Sualtı Ağırlığı: 1.95g			Bozulma Yüzdesi: 703		Bozulma Derecesi: 1		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	21.07.2 010	07.08.2 011	19.08.2 010	29.08.2 010	12.09.2 010	26.09.2 010	05.201 0	13.10.2 010		
Ölçüm Tarihi:	27.07.2 010	13.08.2 010	23.08.2 010	07.09.2 010	20.09.2 010	03.10.2 010	11.10.2 010	20.10.2 010		
Tuz:	480 ppm	390 ppm	340 ppm	290 ppm	240 ppm	180 ppm	110 ppm	40 ppm		
pH:	7.9	7.5	7.6	7.4	7.4	7.2	7.1	7.1		
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı										
Kauramin'in çözelti içerisindeki Konsantrasyonu: %35										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 10 litre					Saf Su: 20 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler:										
Üre: 500 gr			Trietilenglikol: 1000 ml				Trietanolamin: katılmadı			
Tarih:	21.10.2 010	28.10.2 010	11.11.2 010	25.11.2 010	02.12.2 010	16.12.2 010	30.12.2 010	05.01.2 011	12.01.2 011	16.01.2 11
Yoğunluk:	1.053	1.056	1.051	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	
pH:	8.9	8.7	8.5	8.3	8.1	7.9	7.8	7.7	7.5	6.9
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	16.01.11	Bitiş:	27.01.11	Sıcaklık:		50 °C				



Fotoğraf 41: Konservasyon işlemi öncesi 9 numaralı örnek. (M. Sağır)

Fotoğraf 42: Konservasyon işlemi sonrası 9 numaralı örnek. (M. Sağır)

13.01.11 Tarihinde çözelti içerisine rakı efekti ile asitlik derecesinin anlaşılabilmesi için % 1 oranında gliseroldiasetat eklenmiştir. Gliseroldiasetatın eklenmesi ile 16.01.2011 tarihinde pH 6,9 olarak ölçülmüştür. Rakı efekti olduğundan emdirme işlemi sonlandırılmış ve fırın ile kurutma işlemine başlanmıştır. Uygulama sonrasında ahşapta boyutsal durağanlık sağlanmış olup, çekme, çatlama, çökme gibi düzensizlikler oluşmamıştır. Ahşabın rengi açılmıştır.

6. Deney parçası 5 numaralı örnek

Tablo 14: 6. Deney parçası 5 numaralı örnek konservasyon bilgileri.

YKBP. Batık No: Metro 9 çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: 5						Form-Nr.:6				
Ahşap türü: Çınar						Geldiği Yer:Yenikapı				
Suya Doymuş Ağırlık: 3,10			Sualtı Ağırlığı: 3.00			Bozulma Yüzdesi: 416		Bozulma Derecesi: 1		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	07.03. 2010	13.03. 2011	25.03. 2011	08.04. 2011	15.04. 2011	26.04. 2011	07.05. 2011	20.05. 2011		
Ölçüm Tarihi:	11.03.2 011	21.03. 2011	05.04. 2011	12.04. 2011	23.04. 2011	03.05. 2011	15.05. 2011	20.10.2 010		
Tuz:	410 ppm	370 ppm	320 ppm	290 ppm	240 ppm	160 ppm	90 ppm	50 ppm		
pH:	7.9	7.7	7.6	7.4	7.4	7.2	7.1	7.1		
Çözeltili İçerisindeki Maddelerin Miktarı:										
Kauramin'in çözelti içerisindeki Konsantrasyonu: %25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 15 litre						Saf Su: 39 litre				
Çözeltili İçerisine Eklenen Maddeler :										
Üre: 500 gr			Trietilenglikol: Katılmamıştır				Trietanolamin: 75 ml			
Tarih:	22.05. 2011	21.06. 2011	13.07. 2011	29.07. 2011	15.08. 2011	29.08. 2011	03.09. 2011.	07.09. 2011	12.09. 2011	19.09. 2011
Yoğunluk:	1.053	1.056	1.051	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	
pH:	8.8	8.6	8.9	8.1	7.9	7.5	7.3	7.3	7.2	7.1
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	19.09.11	Bitiş:	01.10.11		Sıcaklık:		50 °C			



Fotoğraf 43: Konservasyon işlemi öncesi 5 numaralı örnek. (M. Sağır)

Fotoğraf 44: Konservasyon işlemi sonrası 5 numaralı örnek. (M. Sağır)

Uygulama sonrasında ahşap üzerinde çekme ve çatlama gözlenmemiş olup boyutsal durağanlık sağlanmıştır. Ahşabın rengi açılmıştır. Trietilenglikol kullanılmadığı için ahşap, diğer çözeltideki ahşaplarla karşılaştırıldığında daha sert ve kırılgan olmuştur.

7., 8. ve 9. deney parçaları aynı çözelti havuzu içerisinde emdirme işlemine alınmıştır.

7. deney parçası 1 numaralı örnek

Tablo: 15: 7. deney parçası 1 numaralı örnek konservasyon bilgileri.

YKBP. Batık No: YK 12 çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: 1					Form-Nr.:7					
Ahşap türü: Ceviz					Geldiği Yer:Yenikapı					
Suya Doymuş Ağırlık: 3.22g			Sualtı Ağırlığı: 2.50g		Bozulma Yüzdesi: 544			Bozulma Derecesi: 1		
Tuzdan Arındırma:										
Safsu :	07.11. 2010	15.11. 2010	23.11. 2010	08.12. 2011	22.12. 2010	07.01. 2011	18.01. 2011	23.01. 2011		
Ölçüm Tarihi:	14.11. 2010	21.11. 2010	04.12. 2010	20.12. 2010	05.01. 2011	17.01. 2011	22.01. 2011	01.02. 2011		
Tuz:	440 ppm	370 ppm	280 ppm	240 ppm	190 ppm	140 ppm	90 ppm	50 ppm		
pH:	7.9	7.7	7.6	7.4	7.4	7.2	7.1	7.1		
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı										
Kauraminin çözelti içerisindeki Konsantrasyonu: %25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 5 litre					Saf Su: 13 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler (%):										
Üre: 250 gr			Trietilenglikol: 500 ml				Trietanolamin: 25 ml			
Tarih:	02.02. 2011	16.02. 2011	02.03. 2011	16.03. 2011	23.03. 2011	31.03. 2011	07.04. 2011	21.04. 2011	28.04. 2011	13.05. 2011
Yoğunluk :	1.053	1.056	1.051	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	
pH:	8.8	8.6	8.9	8.1	7.9	7.5	7.3	7.3	7.2	7.1
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	13.05. 2011	Bitiş:	25.05.2011		Sıcaklık:		50 °C			



Fotoğraf 45: Konservasyon işlemi öncesi 1 numaralı örnek. (M. Sağır)

Fotoğraf 46: Konservasyon işlemi sonrası 1 numaralı örnek. (M. Sağır)

Uygulama sonrasında ahşap üzerinde çekme ve çatlama gözlenmemiş olup boyutsal durağanlık sağlanmıştır. Ahşabın rengi açılmıştır.

8. deney parçası 11 numaralı örnek

Tablo 16: 8. deney parçası 11 numaralı örnek konservasyon bilgileri.

YKBP. Batık No: YK 12 çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: 1					Form-Nr.:8					
Ahşap türü: Kayın					Geldiği Yer:Yenikapı					
Suya Doymuş Ağırlık: 2.80g		Sualtı Ağırlığı: 2.77g			Bozulma Yüzdesi: 366			Bozulma Derecesi: 2		
Tuzdan Arındırma:										
Saf su :	07.11. 2010	15.11. 2010	23.11. 2010	08.12. 2011	22.12. 2010	07.01. 2011	18.01. 2011	23.01. 2011		
Ölçüm Tarihi:	14.11. 2010	21.11. 2010	04.12. 2010	20.12. 2010	05.01. 2011	17.01. 2011	22.01. 2011	01.02. 2011		
Tuz:	440 ppm	370 ppm	280 ppm	240 ppm	190 ppm	140 ppm	90 ppm	50 ppm		
pH:	7.9	7.7	7.6	7.4	7.4	7.2	7.1	7.1		
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı										
Kauramin'in çözelti içerisindeki Konsantrasyonu: %25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 5 litre					Saf Su: 13 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler (%):										
Üre: 250 gr			Trietilenglikol: 500 ml				Trietanolamin: 25 ml			
Tarih:	02.02. 2011	16.02. 2011	02.03. 2011	16.03. 2011	23.03. 2011	31.03. 2011	07.04. 2011	21.04. 2011	28.04. 2011	13.05. 2011
Yoğunluk :	1.053	1.056	1.051	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	
pH:	8.8	8.6	8.9	8.1	7.9	7.5	7.3	7.3	7.2	7.1
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	13.05. 2011	Bitiş:	25.05.2011		Sıcaklık:	50 °C				



Fotoğraf 47: Konservasyon işlemi öncesi 11 numaralı örnek. (M. Sağır)

Fotoğraf 48: Konservasyon işlemi sonrası 11 numaralı örnek. (M. Sağır)

Uygulama sonrasında ahşap üzerinde çekme ve çatlama gözlenmemiş olup boyutsal durağanlık sağlanmıştır. Ahşabın rengi açılmıştır.

9.deney parçası 10 numaralı örnek

Tablo 17: 9.deney parçası 10 numaralı örnek.

YKBP. Batık No: YK 12 çevresinden amorf ahşap örneği										
Ahşap No: 10						Form-Nr.:9				
Ahşap türü: Ceviz						Geldiği Yer:Yenikapı				
Suya Doymuş Ağırlık: 2.55g		Sualtı Ağırlığı: 2.50g				Bozulma Yüzdesi: 325		Bozulma Derecesi: 2		
Tuzdan Arındırma:										
Safsu :	07.11. 2010	15.11. 2010	23.11. 2010	08.12. 2011	22.12 .2010	07.01. 2011	18.01. 2011	23.01. 2011		
Ölçüm Tarihi:	14.11 .2010	21.11. 2010	04.12. 2010	20.12. 2010	05.01. 2011	17.01. 2011	22.01. 2011	01.02. 2011		
Tuz:	440 ppm	370 ppm	280 ppm	240 ppm	190 ppm	140 ppm	90 ppm	50 ppm		
pH:	7.9	7.7	7.6	7.4	7.4	7.2	7.1	7.1		
Çözelti İçerisindeki Maddelerin Miktarı										
Kauramin'in çözelti içerisindeki Konsantrasyonu: %25										
Kauramin 800 (Kauramin oranı 90%): 5 litre					Saf Su: 13 litre					
Çözelti İçerisine Eklenen Maddeler (%):										
Ure: 250 gr			Trietilenglikol: 500 ml				Trietanolamin: 25 ml			
Tarih:	02.02. 2011	16.02. 2011	02.03. 2011	16.03. 2011	23.03. 2011	31.03. 2011	07.04. 2011	21.04. 2011	28.04. 2011	13.05. 2011
Yoğunluk :	1.053	1.056	1.051	1.051	1.048	1.047	1.051	1.053	1.056	
pH:	8.8	8.6	8.9	8.1	7.9	7.5	7.3	7.3	7.2	7.1
Fırınlama ve Kurutma:										
Başlangıç	13.05. 2011	Bitiş:	25.05.2011		Sıcaklık: 50 °C					



Fotoğraf 49: Konservasyon işlemi öncesi 10 numaralı örnek. (M. Sağır)

Fotoğraf 50: Konservasyon işlemi sonrası 10 numaralı örnek. (M. Sağır)

Uygulama sonrasında ahşap üzerinde çekme ve çatlama gözlenmemiş olup boyutsal durağanlık sağlanmıştır. Ahşabın rengi açılmıştır.

SONUÇ

Yenikapı 12'ye ait ahşaplar genellikle dişbudak, meşe, kestane, çınar ve serviden oluşmaktadır. Bu ahşapların U_{max} oranı yapılan analizler sonucunda ortalama olarak % 280 ile % 700 arasında belirlenmiştir. FT-IR analizi sonuçlarına göre ahşaplarda polimer degradasyonu tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre YK 12 ahşapları fiziksel ve kimyasal olarak yüksek bir bozulma derecesine sahiptir. Yüksek bozulma derecesine sahip ahşapların hücre duvarlarının, bir kimyasal madde emdirilmek suretiyle güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda ahşapların durumları da göz önünde bulundurularak *Kauramin* ticari adıyla bulunan ve melamin formaldehit esaslı kimyasalın ahşaplara emdirilmesi uygun görülmüştür. U_{max} oranı YK 12 ahşapları ile benzer değerler arasında seçilen dişbudak, meşe, kestane ve çınar ağaçlarında emdirme ve kurutma sonrası durum tespiti yapılmıştır. Uygulamada *Kauramin* yöntemi ile pH arasında yakın bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çözeltinin polimerleşmeye başladığı zamanda pH düşmekte ve pH'ın en düşük olduğu bu zamanda çözelti kürleştiği için emdirme işlemi sonlandırılmaktadır. Ayrıca sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda da çözelti daha kısa sürede kürleşmektedir. Ahşabın kalınlığı arttıkça fırınlama süresinde artmaktadır. Fırınlama sonrasında doğrudan hava ile temasa maruz bırakılan ahşaplarda çatlama gözlenmiştir. Buna karşılık fırınlama sonrasında polietilen folyolara sarılarak hava ile teması kesilen ahşaplarda çatlaklar gözlemlenmemiştir. Bu şekilde en az altı ay folyo içerisinde kalan ahşaplar daha sonra çıkarılarak sergilenebilir hale gelmektedir. Deney gurubu içerisindeki ahşaplarda çatlama ve çekme oluşmamış, kimi örneklerde çok az olmakla birlikte enine çatlaklar görülmüştür. Bu enine çatlaklar U_{max} oranı % 700'e yakın olan ahşaplarda tespit edilmiştir. Bazı örneklerde de var olan çatlaklarda çok az açılma tespit edilmiştir. *Kauramin* yöntemi ile konservasyon işlemleri tamamlanan ahşaplarda uygulama sonrasında yapılan tespitler ile % 25'in altındaki konsantrasyonun emdirme için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Başarılı bir emdirme elde etmek için % 25'in üzerindeki konsantrasyon uygun bulunmuştur. % 35, % 30 ve % 25 konsantrasyonda emdirmenin yapıldığı ahşaplarda, boyutsal durağanlık, çatlama ve çekme gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda herhangi bir fark tespit edilmemiştir. Ancak yüksek konsantrasyonda emdirmenin yapıldığı ahşaplarda rengin, düşük

konsantrasyonda emdirmenin yapıldığı ahşaplarla karşılaştırıldığında daha açık olduğu gözlemlenmiştir. U_{max} 'in % 200'ün altında olduğu sağlam durumdaki kalın ve sert meşelere *Kauramin* çözeltisinin emdirilmesi oldukça güç olmuş ve ahşap örneği üzerinde özellikle ahşabın kenarlarında ileri boyutta enine ve boyuna çatlaklar oluşmuştur. Buradan *Kauramin*'in düşük bozulma derecesine sahip, sağlam ve sert durumdaki meşelere emdirilmemesi gerektiği sonucu çıkarılmıştır. Uygulama sonrasında ahşapların renklerinde açılma tespit edilmiştir. Ahşaplardaki renk açılması, özellikle meşe dışındaki ahşaplarda daha belirgindir. Deney sonrasında, elde edilen verilere göre *Kauramin* yönteminin dişbudak, meşe, kestane, çınar ve serviden oluşan % 280 ile % 700 arasında U_{max} değerine sahip, kimyasal bozulmaya uğramış YK 12 numaralı gemi ahşaplarının konservasyon işleminde kullanılması uygun bulunmuştur.

KAYNAKÇA

- AKKEMİK Ü., 2008 “Identification of Timbers From Yenikapı 12 Shipwreck / Yenikapı 12 Batığı Ahşaplarının Cins/Tür Teşhisleri”, Ed. U. Kocabaş, **The ‘Old Ships’ of the ‘New Gate’ / Yenikapı’nın Eski Gemileri**, 203-211, İstanbul.
- 2009 “Odun Anatomisi Ders Notları”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul.
- ASTRUP, E.E., 1994 “A Medieval Log House in Oslo—Conservation of Waterlogged Softwoods with PolyethyleneGlycol”, Ed. P. Hoffmann, T., Daley, T. Grant, **Proceedings of the 5th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference**, Maine, 41-50, Portland.
- BARBOUR, R. J., L. LENEY, 1982 “Shrinkage and Collapse in Waterlogged Archaeological Wood: Contribution III Hoko River Series”, In **Proceedings of the ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference**, Ed. Grattan, D. W., ICOM Committee for Conservation, Waterlogged Wood Working Group, 209-225, Ottawa.
- BOZKURT, Y., N., ERDİN, 2000 **Odun Anatomisi**, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 66-164, İstanbul.

- BOZKURT, Y., N. ERDİN, 2011 **Ağaç Teknolojisi**, İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü, 2, İstanbul.
- BLANCHETTE, R.A., 1990 **Biodeterioration of Archaeological Wood**, CAB Abstracts 9 (2), 113–127.
- ELDING, 2011 Prof.Dr. Lars Ivar Elding ile Yapılan Kişisel Görüşme, 19 Ekim 2011.
- ERDİN, N., 2009 **Ahşap Konservasyonu**, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 9-60, İstanbul.
- FLORIAN, M., L., E., 1990 “Scope and History of Archaeological Wood”, Ed. R. J.Barbour, R. M. Rowell, Properties, **Archaeological Wood, Chemistry, and Preservation, Amerikan Chemical Society, Advances in Chemistry Series 225**, 3–34, Washington DC.
- FRITTS, H. C., 1976 **Tree Rings and Climate**, NY: Academic Press, 110, New York.
- GARETH, E.B., 1971 “Marine Borers, Fungi and Fouling Organisms of Wood”, **Proceedings of the OECD Workshop Organised by the Committee Investigating the Preservation of Wood in the Marine Environment**, Ed. Gareth, E. B., S. K., Eltringham, 122, Paris.
- GIORGİ, R., D. CHELAZZI, P. BAGLIONI, 2005 **Nanoparticles of Calcium Hydroxide for Wood Conservation The Deacidification of the Vasa Warship**, 21, 10743-10748, Langmuir.

- GRATTAN, D.W., R.W. CLARKE, 1987 "Conservation of Waterlogged Wood", Ed. C. Pearson, **Conservation of Marine Archaeological Objects**, Butterworths, 55, London.
- HAAS, A., H., MULLER-BECK, 1961 "A New Method to Preserve Wet Wood", **In Der Präparator** 7, 157-168.
- HÅFORS B., 2011 **Conservation of the Wood of the Swedish Warship Vasa of a.d. 1628**, Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, Department of Conservation University of Gothenburg,3, Sweden.
- HAMILTON, D.L.,1999 **Methods of Conserving Archaeological Material from Underwater Sites**, Revision Number 1 January 1, Anthropology 605 Conservation of Archaeological Resources I,22-30, Texas.
- HEDGES, J.I., 1990 "The Chemistry of Archaeological Wood" , Ed. R. J.Barbour, R.M. Rowell, **Properties, Archaeological Wood Properties, Chemistry, and Preservation**, Amerikan Chemical Society, Advances in Chemistry Series 225, 111-140. Washington DC.
- HOFFMANN P., R.D. PEEK, J. PULZ, E. SCHWAB, 1986 "On the Stabilization of Waterlogged Oak Wood with Polyethylene Glycol (PEG) II Designing a two – Step Treatment for Multiquality Timbers", **Studies in Conservation**, 31: 103-113.

- HOFFMANN P., 1988 **On the Stabilization of Waterlogged Oak Wood with Polyethylene Glycol (PEG) III Testing the Oligomers**, *Holzforschung*, 289-294.
- HOFFMANN, P., A.M. JONES, 1990 “Structure and Degradation Process for Waterlogged Archaeological Wood”, Ed. R.M. Rowell, R.J. Barbour, **Archaeological Wood Properties, Chemistry and Preservation**, American Chemical Society, 35-65, Washington DC.
- HOFFMANN P, M. WITKÖPPER, 1998 “The Kauramin Method for Stabilizing Waterlogged Wood”, Ed. Bonnot-Dicconne, C., X. Hiron, P. Hoffmann, **Proceedings of the 7.th ICOM-CC Working Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference**, 163-166, Grenoble.
- JENSEN, P., K. STRÆTKVERN, U. SCHNELL, J. B. JENEN, 2009 “Technical Specifications for Equipment Vacuum Freeze Drying of Peg Impregnated Waterlogged Organic Materials”, Ed. K. Strætkvern, D.J. Huisman, **Proceedings of the 7.th ICOM-CC Working Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference**, 417, Amsterdam.
- JENSEN, P., 2009 Dr. Poul Jensen ile Yapılan Kişisel Görüşme, 22 Ağustos 2009.

- JONG, J.D., 1979 “The Deterioration of Waterlogged Wood and Its Protection in The Soil”, Ed. L.H.D. Vries-Zuiderbaan, **Conservation of Waterlogged Wood International Symposium on The Conservation of Large Objects of Waterlogged Wood**, UNESCO, 31–40, Amsterdam.
- JONG. J., DE, W., EENKHORN, A., J., M., WEVERS, 1982 “The Conservation Of Shipwrecks at TheMuseum of Maritime Archaeology at Ketelhaven”, **Rapporten inzake de Inrichting en Ontwikkeling Van de Ijsselmeerpolders en Andere Landaanwinningswerken**, 199, Smedinghuis.
- KILIÇ, N., 2011 “Kauramin Tests For Yenikapı 12 Shipwreck Hull”, **Shipwrecks Chemistry and Preservation of Waterlogged Wooden Shipwrecks**, Ed. Ek, M., Royal Institute of Technology, 186, Stockholm.
- KOCABAŞ, U., 1997 **Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu**, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- 2008 “Theodosius Limanı’nda Hayat, Batıklar ve Hızlı Bir Gömülme”, **The ‘Old Ships’ Of The ‘New Gate’, Yenikapı’nın Eski Gemileri**, 25-36, İstanbul.
- 2011 Doç.Dr. Ufuk Kocabaş ile Yapılan Kişisel Görüşme, 21 Eylül 2011.

- 2012 “The Latest Link in the Long Tradition of Maritime Archaeology in Turkey: The Yenikapı Shipwrecks”, **European Journal of Archaeology**, 15.1:1-15.
- KREMER, A., 1984 “Wood Preservation With The Lyofix Method”, **Der Präparator** 30,78-80.
- McCONNACHIE, G., R. EATON, M. JONES, 2008 “A Re-Evaluation of the Use of Maximum Moisture Content Data for Assessing the Condition of Waterlogged Archaeological Wood”, **e-Preservation Science**, 5, 29-35.
- McKERRELL, H., E. ROGER, A. VARSANYI, 1972 “The Acetone/Rosin Method for the Conservation of Waterlogged Wood”, **Studies in Conservation**, 17: 111-125.
- NILSSON, T., 1999 “Microbial Degradation of Wood - a Review with Special Emphasis on Waterlogged Wood”, Ed. C. Bonnot-Diconne, X. Hiron, QK Tran, P. Hoffmann, **Proceedings of the 7th ICOM-CC Working Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference**, 66-70, Grenoble.
- ÖRS, Y., H. KESKİN, 2008 **Ağaç Malzeme Teknolojisi**, Gazi Kitabevi, Ankara.
- ÖZDEN, Ö., N. KILIÇ, I. ÖZSAİT-KOCABAŞ, A. G. KILIÇ, 2012 “Chemical Characterisation of Waterlogged Woods in Yenikapı 12 by FT-IR Analyzes”, **Chemistry for Cultural Heritage**, İstanbul.

- ÖZSAİT-KOCABAŞ, I., 2010 **Yenikapı 12 Batığı: Yapım Tekniği ve Rekonstrüksiyon Önerisi**, Basılmış Doktora Tezi, 79-231, İstanbul.
- 2012 “Technological and Constructional Features of Yenikapı Shipwrecks: a Preliminary Evaluation / Yenikapı Batıklarında Teknoloji ve Konstrüksiyon Özellikleri Bir Ön Değerlendirme”, Ed. U. Kocabaş, **The ‘Old Ships’ of the ‘New Gate’ / Yenikapı’nın Eski Gemileri**, 112-114, İstanbul.
- PANSHİN, A.J., C. ZEEUW, 1980 **Textbook of Wood Technology**, McGraw-HillBook Company, London.
- PAYTON, R., L984 “The Conservation of An Eighth Century BC Table from Gordion. In: Bromelle NS”, Ed. P. Smith, G. Thomson, **Adhesives and Consolidants**, International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London.
- SCHNIEWIND, P. A., 1990 “Physical and Mechanical Properties of Archaeological Wood”, Ed. R.M. Rowell, R.J. Barbour, **Archaeological Wood, Properties, Chemistry and Preservation**, American Chemical Society, 87-110, Washington DC.
- SIAU, J.F., 1995 **Wood: Influence of Moisture on Physical Properties**, Virginia.

- SMITH, C.W., 2003 **Archaeological Conservation Using Polymers Practical Applications for Organic Artifact Stabilization**, Texas A&M University Press, Texas.
- STAMM, A.J., 1964 **Wood and Cellulose Science**, Ronald Press, New York.
- RAVEN, P.H., R.F. EVERT, S.E. EICHHORN, 1999 **Biology of Plants**, Ed. W.H. Freeman, New York.
- UNGER, A., A.P., SCHNIEWIND, W. UNGER, 1994 **Conservation Of Wood Artifact**, Springer, New York.
- UNGER, A., W. UNGER, 1994 **Conservation of Wooden Cultural Property**, IRG/WP 97-30038.
- WIEDENHOEFT, A.C., R.B. MILLER, 2005 “Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites”, Ed. R. M. Rowell, **Structure and Function of Wood**, CRC Press, 5-30, U.S.A.
- WITTKOPPER, M., 2011 Uzman Restoratör Markus Witköpper ile Yapılan Kişisel Görüşme, 24 Haziran 2011.
- 2012 “Current Developments in the Preservation of Archaeological Wet Wood with Melamine/ amino Resins at the Romisch-Germanisches Zentralmuseum”, www2.rgzm.de/navis/Conservation/ConservationUK.htm, 15 Haziran 2012.