



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

## Yıkanmanın Bazı İthal Ağaç Türlerinde Çürüklük Mantarlarına Karşı Doğal Dayanıklılığa Etkisi

Mehmet ARSLAN <sup>a</sup>, Cihat TAŞÇIOĞLU <sup>b</sup>, Coşkun KÖSE <sup>c</sup>, Evren TERZİ <sup>c</sup>, Çağlar AKÇAY <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, İstanbul, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

<sup>c</sup>Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE  
mehmetarslan@ogm.gov.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde ithal edilen üç tropik ağaç türü sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), iroko (*Chlorophora excelsa*) ve doussie (*Azalia.bipindensis*) örneklerinin farklı sıcaklık, süre ve çözücüler kullanılarak uygulanan yıkanma işleminin beyaz ve esmer çürüklük mantarlarına karşı doğal dayanıklılık üzerine etkisi incelenmiştir. Ağaç türleri arasında doğal dayanıklılığı en fazla olan türün belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, Japon Sanayi Standartları (JIS) K 1571 (2004) [1] 'e göre 3 farklı yıkama prosedürü uygulanmıştır. Her yıkanma prosedürü örnek hacminin 10 katı su veya solvent içerisinde 6-9 yıkanma ve 60 ° C kurutma tekrarından oluşmaktadır. Çalışmada, yıkama deneylerinde soğuk su, sıcak su ve alkol kullanılmış, çürüklük deneylerinde beyaz çürüklük mantarı olarak *Irpex lacteus*, esmer çürüklük mantarı olarak *Postia placenta* mantarları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tüm ağaç türlerinin yıkama işleminden etkilendiği görülmüştür. Bazı ağaç türlerinde yıkama işlemi uygulanması ile doğal dayanıklılığın azaldığı görülmüştür. Ağırlık kaybı değerleri, yıkama işlemi uygulanmış türlere ve yıkama yöntemine göre değişiklik göstermiştir. Yıkanmanın etkisi ile en fazla ağırlık kaybı doussie örneklerinde gerçekleşmiştir. Doussie ağaç türünün sıcak su ile yıkanan örneklerinde *Postia placenta* mantarının etkisine karşı dayanıklılığının zayıf olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Tropik Ağaç, Yıkanma, Çürüklük, Doğal Dayanıklılık

## Effect Of Leaching On Natural Durability Of Some Imported Wood Species Against Decay Fungi

### ABSTRACT

Effects of three different leaching procedure (cold water, hot water, alcohol/toluen mixture) on natural durability of most common exotic wood species in Turkey, sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), iroko (*Chlorophora excelsa*) ve doussie (*Azalia.bipindensis*) against decay fungi were evaluated. According to JIS K 1571 (2004) standart [1], 3 different procedures were followed. Each procedure involved 6-9 consecutive leaching cycles with water or solvent volume of 10 times specimen volume and 60 ° C drying temperature.

*Irpex lacteus* and *Postia placenta* were used as decay fungi representing white rot and brown rot, respectively. Mass losses of specimen were varied according to leaching process and decay fungi used. Doussie showed the highest mass loss after leached with hot water process while the other species did not give significant differences when compared their unleached controls. Based on results doussie and iroko demonstrated the highest natural durability against decay fungi with exceptions of hot water extracted doussie and white rot exposed iroko, Sapelli, on the other hand, was the least durable against the decay fungi tested regardless of leaching procedure.

**Keywords:** *Egzotic Wood Species, Leaching, Decay Fungi, Natural Durability*

## I. GİRİŞ

Ahşap malzemeden çok farklı kullanım yerlerinde faydalanılmaktadır. Bu nedenle farklı kullanım yerleri için ahşabın sahip olması gereken özelliklerin bilinmesi önem taşımaktadır. Bu düşünce ile ahşap malzemelerin doğal dayanıklılık özellikleri araştırmacılar tarafından farklı yöntemlerle incelenmektedir.

Ilıman iklim kuşağında yetişen ağaçlarda odunsu dokunun kimyasal yapısının yaklaşık %90'ı ya da daha fazla bir kısmı holoselülozlar (selüloz, hemiselülozlar) ve ligninden oluşmaktadır. Bu bileşiklerden başka, içerisinde esasını organik maddelerin oluşturduğu çeşitli ayrıştırılabilir maddeler bulunmaktadır. Bu maddelere ekstraktif maddeler denilmektedir. Bu bileşikler hücre lümenine ve hücre çeperine depolanmıştır. Bu maddeler esas hücre çeper maddelerinden ayrırırlar. Ahşaptan sıcak su, soğuk su, alkol, benzen, aseton veya eter gibi maddeler yardımıyla uzaklaştırılabilirler. Bu maddeler odunun birçok özelliği üzerinde, örneğin; mantar ve böceklerle karşı dayanıklılığı, öz odunu kokusu, rengi ve tadı, odunun permeabilitesi, yoğunluğu, sertliği ve basınç direnci üzerinde etkili olmaktadır. Ekstraktif maddeler türlerin ayırt edilmesinde önemli kriterlerdir. Önemli ekstraktif maddeler içerisinde reçine, eterik yağlar, karbonlu hidrojenler, tanen, boyar maddeler, pektin, nişasta, protein, organik asitler, anorganik tuzlar, kül ve azot gibi maddeler sayılabilir İnorganik esaslı ekstraktif maddeler (kalsiyum tuzları ve silis gibi) yukarıdaki belirtilen çözücülerle odundan çıkarılamazlar, ancak yine de hücre çeperinin esas maddelerinden değil ekstraktif madde olarak kabul edilirler [2,3].

Ahşap malzemede çürüklük yapan mantarların gelişmesi için besin maddesine (odun hammaddesi), yeterli sıcaklığa, uygun rutubet miktarına ve oksijene ihtiyaçları vardır. Bu ihtiyaçlardan herhangi birinin olmaması halinde mantarlar ya ölmekte ya da daha iyi koşullar bulununcaya kadar herhangi bir gelişme olmadan daimi form halinde kalmaktadır [3]. Ahşabı tahrip eden mantarlar Eumycetes grubuna girmektedir. Bu mantarlar ahşap malzemede renk oluşturan mantarlar ve çürüklük oluşturan mantarlar olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Ahşapta renk oluşturan mantarlarda renk veren mantarlar ve küf mantarları olarak ikiye ayrılırlar [4]. Çürüklük meydana getiren mantarlar ise esmer çürüklük, beyaz çürüklük ve yumuşak çürüklük mantarlarıdır. Berkel [5], ağaç malzeme için tüm olumsuz etmenlere karşı doğal dayanma süreleri bakımından ağaç türlerini, çok dayanıklı, orta dayanıklı ve az dayanıklı ağaç türleri olarak sınıflandırmaktadır. Bozkurt ve arkadaşlarına [4] göre ağaç türlerinin dayanıklılık sınıflandırılması çok dayanıklı, dayanıklı, orta dayanıklı, az dayanıklı ve dayanıksız olarak sınıflandırılmıştır. Bu dağılım Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Odun türlerinin dayanıklılık sınıflandırılması [4]

| <b>Çok Dayanıklı</b> | <b>Dayanıklı</b> | <b>Orta Dayanıklı</b> | <b>Az Dayanıklı</b> | <b>Dayanıksız</b> |
|----------------------|------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Afrosmosia           | Maun             | Agathis               | Abura               | Balsa             |
| Azobe                | Utile            | Keruing               | Hickory             | Ramin             |
| <b>Doussie</b>       | Ardıç            | Kosipo                | Okoume              | Huş               |
| <b>Iroko</b>         | Porsuk           | <b>Sapelli</b>        | Gökmar              | Kayın             |
| Makore               | Sedir            | Melez                 | Çam                 | İhlamur           |
| Pelesenk             | Ak meşe          | Servi                 | Kırmızı meşe        | Kavak             |
| Teak                 | Kestane          | Ceviz                 | Karaağaç            | Söğüt             |

Bu çalışmada ülkemizde ithal edilerek yaygın şekilde kullanılan ağaç türlerinden iroko, sapelli ve doussie türlerinin esmer ve beyaz çürüklük mantarlarına karşı doğal dayanıklılığın belirlenmesi ve çeşitli yıkanma metodlarının doğal dayanıklılık üzerine etkilerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Ahşap malzemenin doğal dayanıklılığı için en önemli faktör olarak mantar ve böceklerle karşı toksik ekstraktif maddeler gösterilmektedir. Ekstraktif maddeleri ayrılmış ahşap malzeme çürümeye karşı daha dayanıksız bir duruma gelmiştir. Aynı şekilde çürüklüğe yatkın olan ahşap malzemeye öz odun ekstraktiflerinin eklenmesi ile çürüklüğe karşı dayanıklılığı artabilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre test edilen söz konusu üç ağaç türünden kullanım yerinin şartlarına en uygun tür veya türler tavsiye edilmiştir [3,4].

Çalışmada kullanılan iroko ağaç türü dayanıklılık ve uzun ömür gerektiren dış mekan uygulamalarında, zemin kaplaması olarak, bahçe mobilyalarında ve tekne yapımında kullanılan çok dekoratif ve uzun ömürlü bir ağaçtır. Sapelli ağaç türü, çok değişik amaçlarla kullanılabilecek, üstün nitelikleri olan bir ağaçtır. Yapıların iç ve dış bölümlerinde doğrama, parke, merdiven yapımında, gemicilikte, müzik aletlerinde, tornalı, oymalı, kakmalı işlerde, modern ve klasik bütün mobilyalarda masif ve kaplama olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Doussie ise parke ve taban döşemesi olarak kullanılabilen dayanıklı bir ağaç türüdür. Deneylerde kullandığımız bu ağaç türlerinin hava kurusu özgül ağırlıkları, sapelli 0.65 gr/cm<sup>3</sup>, iroko 0,50-0,69 gr/cm<sup>3</sup> ve doussie 0,75 gr/cm<sup>3</sup> tür [6,7].

Bu çalışmanın amaçları, yıkama işlemi uygulanan doussie, iroko ve sapelli odunlarının yıkanma sonucu ağırlık kayıplarını belirlemek, yıkama işlemi uygulanmış doussie, iroko ve sapelli odunlarının esmer ve beyaz çürüklük mantarlarına karşı doğal dayanıklılığını tespit etmek ve ağırlık kayıplarını belirlemektir.

## **II. MATERYAL ve YÖNTEM**

### **A. MATERYAL**

Bu çalışmada ağaç malzeme olarak ülkemiz orman ürünleri endüstrisinde geniş kullanım alanlarına sahip, ithal edilen üç egzotik ağaç türü seçilmiştir. Bunlar; Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), iroko (*Chlorophora excelsa*) ve doussie (*Azalia bipindensis*) ağaçlarıdır. Odun örnekleri Düzce’de orman ürünleri ithalat ve ihracatı yapan bir şirketten rastgele örnekleme yöntemine göre temin edilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, örneklerin yıkanması deneyi yapılmıştır. Yıkama işlemlerinde distile edilmiş soğuk su, sıcak su ve ayrıca alkol ile yıkamada ise birçok organik madde için çok iyi bir çözücü olan, toluen (metil benzen) ve etanol karışımı kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında çürüklük deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan mantarlar, A.B.D. Orman Ürünleri Laboratuvarı (USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison)’ndan temin edilerek, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, Odun Mikrobiyolojisi ve Koruma Laboratuvarı koleksiyonuna dahil edilen *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard Mad 698-R, esmer çürüklük mantarı ve *Irpex lacteus* (Fr.: Fr.) Fr. IRL 5367, beyaz çürüklük mantarıdır.

## B. YÖNTEM

### B.1. YIKANMA TESTLERİ

Örneklerin yıkanması, JIS K 1571 (2004) Japon Standardı [1] esas alınarak yapılmıştır. Bu standardın tercih edilme sebebi literatürdeki diğer standartlar ile karşılaştırıldığında çok daha yoğun ve etkin bir yıkama işlemi olmasıdır. Yıkama işlemi Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Sıcak su, soğuk su ve toluen-etanol karışımı kullanılarak üç ayrı yıkama yapılmıştır. Yıkama deneyleri laboratuvar ortamında manyetik karıştırıcı ile su ve alkol banyosuna tabi tutularak yapılmıştır.

Ahşap deney örneklerinin hazırlanması. Örnekler muamele öncesi, 60 (°C) sıcaklıktaki kurutma fırınında 24 saat süre ile bekletilmiştir. Esmer ve beyaz çürüklük testlerinde kullanılacak deney örnekleri için ölçüler, ASTM D 1413-07 [8] standardına göre her varyasyonun 9 tekrarı olacak şekilde 20(T)x20(R)x10(B) mm boyutlarında kesilerek toplam 216 adet örnek hazırlanmıştır.

Örneklerin yıkanması, JIS K 1571 (2004) Japon Standardı [1] esas alınarak yapılmıştır.

Su ve alkol miktarının hesaplanması. Standarda [1] göre örneklerin hacminin 10 katı oranında su ve alkol kullanılmıştır. Bu miktar 1ml = 1 cm<sup>3</sup> örnek hacmi için hesaplanmış, kullanılan toluen-etanol karışımı 1/2 oranında alınmıştır (toluen/etanol=1/2). Deney örnekleri 0.01g hassasiyetle tartılarak T<sub>1</sub> ağırlıkları belirlenmiştir.

Soğuk su ile yıkanma. Örnekler beher içerisine oda sıcaklığında, distile edilmiş su ile birlikte konulmuş ve çalkalama hızı 50 rpm olan manyetik karıştırıcı kullanılarak 8 saat süre ile yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra kurutma fırınında 60 (°C) sıcaklıkta 14 saat süre ile kurumaya bırakılmıştır. Bu işlem aynı şekilde 9 kez tekrarlanmıştır.

**Tablo 2.** Tüm örnekler için uygulanan yıkama varyasyonlarının detayları.

| Yıkama türü                  | Yıkama süresi<br>(Saat) | Yıkama sıcaklığı<br>(°C) | Kurutma süresi<br>(Saat) | Kurutma sıcaklığı<br>(°C) | Tekrarlanma sayısı |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Soğuk su                     | 8                       | 22                       | 14                       | 60                        | 9                  |
| Sıcak su                     | 1                       | 90                       | 14                       | 60                        | 6                  |
| Toluen/etanol karışımı (1/2) | 8                       | 22                       | 14                       | 60                        | 6                  |

Sıcak su ile yıkama. Örnekler, 90 (°C) sıcaklıkta distile su ve çalkalama hızı 50 rpm olan manyetik karıştırıcı kullanılarak beher içerisine konulmuş, bir saat süre ile yıkanmıştır. Bir saat yıkamadan sonra beherdeki su alınmış ve behere yeni su bırakılarak yıkamaya devam edilmiştir. Çalışmada örnek boyutlarının küçük oluşu dikkate alınmış ve kaynar su ile yıkama metodu çok kuvvetli bir metot olduğu için yıkama sayısı altı ile sınırlandırılmıştır. Sekiz saatlik kaynatma örneklerde ekstraktif maddenin ötesinde ana bileşen kayıplarına ve yumuşamaya yol açabileceği için uygulanmamıştır.

Alkol ile yıkama. Alkol ile yıkanmada örnekler beher içerisinde, birçok organik madde için çok iyi bir çözücü olan, toluen (metil benzen) ve etanol karışımı (1/2) ile yıkanmıştır. Çalkalama hızı 50 rpm olan manyetik karıştırıcı kullanılarak 8 saat yıkanmış ve 60 (°C) sıcaklıktaki kurutma fırınında 14 saat süre ile kurumaya bırakılmıştır. Bu işlem 6 kez tekrarlanmıştır.

Yıkama denemelerinin sonlandırılması ve ağırlık kayıplarının belirlenmesi. Yıkama işlemi tamamlanmış örnekler 60 (°C) sıcaklıktaki kurutma fırınında 24 saat süre ile kurutulmuştur. Daha sonra, 0,01g hassasiyetle tartılarak deneme numunelerinin T<sub>2</sub> ağırlıkları bulunmuştur. Deneme örneklerinin yıkama sonucu oluşan ağırlık kayıplarının hesaplanmasında, tespit edilen T<sub>1</sub> ve T<sub>2</sub> ağırlıklarından yararlanılarak aşağıda belirtilen eşitliğe göre her bir örneğin % ağırlık kaybı hesaplanmıştır. Örneklerde hassas tartımlar yaparak ağırlık kayıplarını tespit etmek oldukça zordur ancak ağırlık ölçümleri örnekler şartlandırıldıktan sonra olabilecek en hassas şekilde yapılmıştır.

$$\text{Ağırlık Kaybı \%} = [(T_1 - T_2) / T_1] \times 100 \quad (1)$$

Bu eşitlikte, T<sub>1</sub>: Yıkama öncesi örnek ağırlığı (g), T<sub>2</sub>: Yıkama testinden sonraki örnek ağırlığını (g) göstermektedir.

## A.2. ÇÜRÜKLÜK TESTİ

Araştırmada kullanılan malzemelerin temini ve çürüklük deneyi. Çürüklük testleri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, Odun Mikrobiyolojisi ve Koruma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan yöntem kapsamında steril kabin, otoklav, etüv, hassas terazi, inkübatör cihazları ile malt ekstrakt agar, toprak, kültür şişeleri vb. sarf malzemeler kullanılmıştır. Bu çalışmada, ASTM-1413-07<sup>1</sup> standardı [8] esas alınmıştır. Çalışmada,

yıkanma testi yapılmış ve kontrol (yıkanma yapılmamış) örnekler 60 °C sıcaklıkta 3 gün bekletilmiştir. Örnekler 0.01 g hassasiyetle tartılarak M<sub>1</sub> ağırlıkları belirlenmiştir.

Mantar kültürleri ve besleme levhalarının hazırlanması. Yıkama işlemi görmüş ve görmeyen (kontrol) örneklerin (sapelli, doussie ve iroko) mantarların etkisine bırakılması için, malt-agar besin ortamında mantar kültürleri geliştirilmiştir. Besleme levhaları, sarıçam ve kayın diri odunundan 0,3(T) x 2,9(R) x 3,5(B) cm boyutlarında hazırlanmış ve 22±1°C sıcaklık ve %65±5 bağıl neme sahip klima odasında bekletilmiştir.

Toprağın hazırlanması. ASTM D-1413/07<sup>1</sup> [8] standardına göre, denemelerde kullanılacak toprağın su tutma kapasitesi %20-40 olması gerekmektedir. Toprağın su tutma kapasitesinin tayini için Özyuvacı'dan [9] yararlanılmış ve aşağıda verilen eşitliğe göre toprağın su tutma kapasitesi hesaplanmıştır:

$$\text{Toprağın Su Tutma Kapasitesi \%} = [(\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / \text{Kuru Ağırlık}] \times 100 \quad (2)$$

Toprak içindeki yabancı maddeler temizlendikten sonra 0.51 ve 0.30 cm'lik eleklerden elenerek kapalı kaplar içinde muhafaza edilmiştir.

Deneme şişelerinin hazırlanması. Denemelerde, standartlarda belirtilen [8], iç hacmi 225 cm<sup>3</sup> ve ağız çapı en az 32 mm olan köşeli şişeler kullanılmıştır. Standartlara göre, şişe içine konacak toprakta bulunması gereken su yüzdesi, toprağın su tutma kapasitesinin %130'u olmalıdır. Bunun için her şişeye konacak miktar kadar hava kurusu toprak tartılmış ve bu toprak 12 saat süreyle bir fırında 105 °C'ye kadar kurutulmuş ve tam kuru hale gelen toprağın ağırlığı bulunarak, hava kurusu topraktaki rutubet miktarı hesaplanmıştır. Şişeye eklenecek su miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur.

$$\text{İlave Edilecek Su miktarı, g} = (1,30 \times A - B) \times D / (100 + B) \quad (3)$$

Bu eşitlikte;

A= Su tutma kapasitesi (%)

B=Hava kurusu toprağın rutubet miktarı (%)

D= Test şişesine konacak toprağın hava kurusu ağırlığı (g).

Mantarların geliştirilmesi sürecinde, bir huni yardımıyla yaklaşık 120 g toprak ve belirlenen miktarda distile su her bir şişeye eklenmiştir. Şişe daha sonra, toprak yüzeyi ıslatılmadan şişeler hafifçe sallanıp, üzerine besleme levhası yerleştirilmiştir. Hazırlanan şişeler daha sonra kapakları gevşek şekilde otoklavda 103 kPa basınç ve 121°C'de 30 dakika sterilize edilmiştir. Sterilize işlemi bittikten sonra, otoklavdan çıkarılan şişelerin kapakları sıkıca kapatılarak aşılama işlemine hazır hale getirilmiştir.

Aşılama işlemi. Steril kabin içerisinde hazırlanan ve en fazla 7 günlük olan mantar kültürlerinden besin ortamı ile birlikte petri kaplarından 1cm<sup>2</sup>'lik büyüklükte parçalar alınıp, şişe içerisindeki besleme levhalarının kenarlarına yerleştirilmiştir. Bu işlemler sırasında kullanılan aletlerin sterilize edilmesi için alkol ocağı kullanılmıştır. Aşılama işlemi bittikten sonra, şişe kapakları gevşek duruma getirilerek 26.7±1.1 °C sıcaklıkta ve % 70±4 bağıl nemdeki inkübasyon odasında besleme levhalarının üzeri tamamen mantar miselleri ile kaplanıncaya kadar (yaklaşık 3 hafta) bekletilmiştir.

Odun örneklerinin şişelere yerleştirilmesi. Yıkanma işlemi görmüş ve yıkanma işlemi görmemiş kontrol örnekleri 60 °C sıcakta 3 gün bekletilmiştir ve 0,01g hassasiyetle ağırlıkları tespit edildikten sonra petri kapları içerisinde 100°C’de 20 dakika otoklavda sterilize edilmiştir. Bu işlem sonrasında her şişedeki besleme levhaları üzerine, enine kesit yüzeyleri aşağı bakacak şekilde 2’şer örnek konmuştur. Daha sonra test şişeleri kapakları gevşek şekilde sıcaklığı 26.7±1.1°C ve bağıl nemi % 70±4 olan inkübasyon kabineye yerleştirilmiştir.

Mantar denemelerinin sonlandırılması ve ağırlık kayıplarının belirlenmesi. 12 hafta olarak seçilen deneme süresi sonunda, odun blokları şişelerden çıkartılmış ve örneklerin yüzeylerindeki mantar miselleri fırçayla temizlenmiştir. Daha sonra örnekler 60 °C sıcakta 3 gün bekletilmişlerdir ve 0,01g hassasiyetle tartılarak deneme numunelerinin M<sub>2</sub> ağırlıkları bulunmuştur. Deneme örneklerinin ağırlık kayıplarının hesaplanmasında, tespit edilen M<sub>1</sub> ve M<sub>2</sub> ağırlıklarından yararlanılarak aşağıda belirtilen eşitliğe göre her bir örneğin % ağırlık kaybı hesaplanmıştır.

$$\text{Ağırlık Kaybı \%} = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100 \quad (1)$$

Rutubet miktarının belirlenmesi. Deney sonunda örnekler 103±3°C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmişlerdir. Deney örnekleri 0,01g hassasiyetle tartılarak M<sub>2</sub> ağırlıkları belirlenmiştir. Rutubet ölçümleri aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Rutubet Miktarı \%} = [(M_2 - M_3) / M_3] \times 100 \quad (4)$$

Bu eşitlikte, M<sub>2</sub>: Biyolojik performans testinden sonraki örnek ağırlığı (g), M<sub>3</sub>: Tam kuru örnek ağırlığı (g)’ni göstermektedir.

İstatistik analizi. Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. İşlem grupları ile kontrol grupları arasında varyans analizleri (ANOVA) yapılmış ve elde edilen verilerde gruplar arası fark anlamlı çıktığında, Duncan testi sonuçları ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır.

### III. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### *A.1. YIKAMA İŞLEMİ SONRASI AĞIRLIK KAYBI BULGULARI*

Bu çalışmada kullanılan üç egzotik ağaç türü; Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), iroko (*Chlorophora excelsa*) ve doussie (*Afzelia spp.*) örneklerinin, soğuk su, sıcak su ve alkol ile yıkanma etkisi sonucu belirlenen ağırlık kaybı değerleri, çürüklük deneyi sonrası esmer çürüklük (*Postia placenta*) ve beyaz çürüklük (*Irpex lacteus*) mantarlarının etkisi sonucu belirlenen ağırlık kaybı ve standart sapma değerleri tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Yıkama işlemi ve çürüklük deneyi sonrası ağırlık kaybı ve standart sapma değerleri (parantez içerisinde).

| Odun türü         | Yıkama yöntemleri | Yıkama işlemi sonrası ortalama ağırlık kaybı oranı % | Çürüklük denemeleri sonrası ortalama ağırlık kaybı ve standart sapma değerleri % |                                         |
|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                   |                   |                                                      | <i>Irpex lacteus</i> (beyaz çürüklük)                                            | <i>Postia placenta</i> (esmer çürüklük) |
| Doussie           | Kontrol           | —                                                    | 1.27(0.55) a                                                                     | 0.53(0.26) a                            |
|                   | Soğuk su          | 2.85 (0.16) a*                                       | 0.14(0.34) a                                                                     | 1.11(0.64) a                            |
|                   | Sıcak su          | 5.99 (0.40) b                                        | 0.10(0.72) a                                                                     | 22.32(1.93) b                           |
|                   | Toluen/etanol     | 3.41 (0.40) c                                        | 1.86(0.40) a                                                                     | 1.45(0.61) a                            |
| Sapelli           | Kontrol           | —                                                    | 30.18(7.01) a                                                                    | 41.32(4.06) c                           |
|                   | Soğuk su          | 2.59 (0.22) d                                        | 25.69(5.98) a                                                                    | 43.92(4.10) c                           |
|                   | Sıcak su          | 1.19 (0.26) c                                        | 30.83(8.82) a                                                                    | 45.53(8.37) c                           |
|                   | Toluen/etanol     | 2.47 (0.13) d                                        | 30.30(8.68) a                                                                    | 41.46(6.78) c                           |
| İroko             | Kontrol           | —                                                    | 52.71(6.04) a                                                                    | 0.68(0.25) c                            |
|                   | Soğuk su          | 4.45 (0.36) e                                        | 38.12(9.89) a                                                                    | 1.20(0.46) c                            |
|                   | Sıcak su          | 3.93 (0.27) f                                        | 28.20(6.61) a                                                                    | 0.90(0.26) c                            |
|                   | Toluen/etanol     | 2.24 (0.32) g                                        | 42.34(9.54) a                                                                    | 1.83(0.46) c                            |
| Sarıçam (kontrol) | —                 | —                                                    | 48.79(8.43)                                                                      | 60.79(5.08)                             |
| Kayın (kontrol)   | —                 | —                                                    | 62.20(4.47)                                                                      | 61.59(2.60)                             |

\* Farklı harfler aynı ağaç türünde her bir yıkama için anlamlı bir farklılık olduğunu ifade etmektedir. ( $P \leq 0.05$  Güven düzeyi).

Doussie örnekleri türler arasında yıkama işlemi sonucu en fazla ağırlık kaybına uğrayan tür olmuştur. Doussie odununda, soğuk su ile yıkanmış örnekler %2.85, sıcak su ile yıkanmış örnekler %5.99, alkol ile yıkanmış örneklerde %3.41 ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Sonuçlara göre yıkama sonrası ağırlık kaybı değerlerinde tüm varyasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Soğuk su ile yıkanan örnekler, alkol ve sıcak su ile yıkanan örneklerden ayrı bir grup olarak değerlendirilmiş, aynı şekilde sıcak su ile yıkanan örnekler, alkol ve soğuk su ile yıkanan örneklerden ayrı tutulmuş, alkol ile yıkanan örnekler soğuk su ve sıcak su ile yıkanan örneklerden farklı tutularak ayrı ayrı gruplar halinde değerlendirilmiştir. Doussie odunu ağırlık kaybı değerleri sıralamasına göre sıcak su ile yıkanmada %5.99 oranla birinci sırada, alkol ile yıkanmış örneklerde %3.41 oranla ikinci sırada, soğuk su ile yıkanmış örnekler %2.85 oranla üçüncü sırada yer almıştır. Doussie ağaç türünün yıkama ile en fazla ağırlık kaybı oluşturan tür olduğu, yıkanmaya karşı diğer türlere göre daha hassas olduğu tespit edilmiştir. İstatistiki analizlere göre Iroko %4.45, doussie ise 5.99 oranla ağırlık kaybı oluşturmıştır.

Doussie odunu sıcak su ile yıkanmada %5.99 oranla ve alkol ile yıkamada %3.41 oranla türler arasında, yıkama ile en fazla ağırlık kaybı oluşturan tür olmuştur.

Sapelli örneklerinde, farklı yıkama işlemleri sonrası oluşan ağırlık kayıpları arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre soğuk su, sıcak su ve alkol ile yıkama işlemi sapelli ağaç türünde ağırlık kaybı bakımından anlamlı farklılıklar oluşturmuştur. Yıkama sonrası ağırlık kaybı değerlerinde soğuk su ve alkol ile yıkama, sıcak su ile yıkanmadan ayrı bir grup olduğu belirlenmiştir. Sıcak su ile yıkanmada daha az ağırlık kaybı tespit edilmiştir Test sonuçlarına göre ağaç türleri arasında sapelli ağaç türünün sıcak su ile yıkanan örnekleri, türler arasında %1.19 ile en az ağırlık kaybı değeri oluşturmuşlardır.

İroko örneklerinde, soğuk su ile yıkanmış örnekler %4.45, sıcak su ile yıkanmış örnekler %3.93, alkol ile yıkanmış örneklerde %2.24 ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Bu sonuçlarla iroko odunu %2.24 oranla, alkol ile yıkanmada türler arasında en az ağırlık kaybı oluşturan tür olmuştur. Ayrıca soğuk su ile yıkanmış örnekler %4.45 oranla türler arasında en fazla ağırlık kaybına uğrayan grup olmuştur. İroko örneklerinde farklı yıkama işlemleri sonrası oluşan ağırlık kayıplarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için BVA yapılmıştır, %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Duncan testi yapılarak farklılıkların daha iyi anlaşılması sağlanmıştır. Bu sonuçlara göre soğuk su, sıcak su ve alkol ile yıkama işlemi iroko ağaç türünde ağırlık kaybı bakımından anlamlı farklılık oluşturmuştur. Sonuçlara göre yıkama sonrası ağırlık kaybı değerlerinde tüm varyasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Soğuk su ile yıkanan örneklerde ağırlık kaybı diğer iki yıkama yöntemine göre daha fazla miktarda gerçekleşmiştir.

Bu sonuçlar farklı yıkama yöntemlerinin, iroko örneklerinde etkili olduğuna ve bu türde soğuk su, sıcak su ve alkol ile uzaklaştırılabilen ekstraktif maddelerin varlığına da işaret etmektedir.

Denemelerde kullanılan örneklerin soğuk su, sıcak su ve alkol ile yıkama işlemi sonunda, türler arasında -ağırlık kayıpları karşılaştırılması- yapıldığında, üç ağaç türünün de yıkanmanın etkisi ile ağırlık kaybına uğradığı görülmüştür. En az ağırlık kaybı sapelli örneklerinde gerçekleşmiştir. Bozkurt ve Erdin'e [6] göre iroko, sapelli ve doussie odunlarının çözünen ekstraktif madde miktarları (%) ile bizim çalışmamızda elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılarak Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Çalışmada tespit edilen ekstraktif madde çözünme değerlerinin Bozkurt ve Erdin'in [6] verileri ile karşılaştırılması.

| Test örnekleri | Yıkama şekli | Çözünen ekstraktif madde miktarı (%) <sup>*</sup> | Çözünen ekstraktif madde miktarı (%) <sup>**</sup> |
|----------------|--------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Sapelli        | Sıcak su     | 2.4-5.2                                           | 1.19(0.26)                                         |
| İroko          | Sıcak su     | 4.8-7.8                                           | 3.93(0.27)                                         |
| Doussie        | Alkol-benzol | 17-27                                             | 3.41(0.40)                                         |

<sup>\*</sup>Bozkurt ve Erdin verileri [6], <sup>\*\*</sup>Güncel çalışmanın bulguları

Bu sonuçlara göre sapelli ve iroko örneklerinde sıcak su ile yıkama sonuçlarımızın yaklaşık aynı rakamlarda gerçekleştiği görülmektedir. Alkol ile yıkamada ise bizim çalışmamızda etanol- toluen karışımı kullanıldığı için farklı rakamlar elde edilmiş olabilir.

Ayrıca bu bilgi alkol-toluen ile yıkanmış doussie örneklerinin çürüklük mantarının faaliyetleri sonucu çok düşük ağırlık kaybı göstermesinide açıklamaktadır. Yoğun bir alkol toluen yıkanması sonunda dahi doussie odununda her iki mantar türüne karşı koyabilecek ekstraktif maddelerin kaldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca çürüklük denemelerinin tümünde odun örneklerinde rutubet miktarı mantarların gelişmesi için gerekli seviyenin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

## A.2. ÇÜRÜKLÜK DENEYİ SONRASI AĞIRLIK KAYBI BULGULARI

Farklı yıkama işlemi görmüş doussie test örneklerinde *Postia placenta* mantarının oluşturduğu ağırlık kaybı değerleri farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının belirlenmesi için BVA testi yapılmıştır. Elde edilen BVA sonuçlarında, *Postia placenta* mantarının sıcak su ile yıkama işlemi görmüş test örneklerinde istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık bulunduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda doussie odun örneklerinin sıcak su ile yıkanma işleminden etkilendiği, bu etki ile ekstraktif maddelerin çözünerek ayrıştığı ve odunun doğal dayanıklılığını zayıflattığı düşünülmektedir.

Çalışmada ayrıca sarıçam ve kayın odunlarının kullanılması, testlerde kullanılan çürüklük mantarlarının etkinliğini göstermek içindir. Bu nedenle istatistik ve yorumlamalara dahil edilmemiştir. Bu sonuçlara göre çürüklük mantarlarının yeterince agresif olduğu düşünülmektedir. Ayrıca çürüklük denemelerinin tümünde odun örneklerinde rutubet miktarı mantarların gelişmesi için gerekli seviyenin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

## IV. SONUÇ

Yıkama ile ağaç malzeme ağırlık kaybına uğramaktadır. Ekstraktif maddelerin ağaç malzemeden uzaklaştığı ve doğal dayanıklılığın azalmasına neden olduğu bilinmekle birlikte bu çalışmada iroko, sapelli ve doussie odunlarında yıkama işleminin sınırlı etkiler yaptığı görülmüştür. Ayrıca yıkanmayan kontrol örneklerinde görülen yüksek ağırlık kayıpları bilinenin aksine doğal dayanıklılıklarının “dayanıksız” veya “az dayanıklı” gruplara daha uygun olduğunu göstermektedir.

Yıkama işlemi uygulanan doussie örneklerinde yıkama yöntemlerinin tümü, özellikle sıcak su ile yıkama diğer yöntemlere göre %5.99 değerle daha yüksek oranda ağırlık kaybı oluşturmuştur. Sıcak su ile yıkanmanın doussie örneklerinde etkili olduğu ve yıkama ile ekstraktif maddelerin ağaç malzemeden uzaklaşmaması ve doğal dayanıklılığın azalmaması için doussie odunlarının sıcak su ile temasının önlenmesi önerilebilir.

Yıkama işlemi uygulanan iroko örneklerinde yıkama yöntemlerinden özellikle soğuk su ile yıkama %4.45 değerle yüksek oranda ağırlık kaybı oluşturmuştur. Yıkama sonucu oluşan ağırlık kayıpları, tüm yıkama yöntemlerinde anlamlı olarak farklı ve etkili bulunmuştur. Soğuk su ile yıkanmanın iroko örneklerinde etkisi nedeni ile kullanım yerlerinde bu özelliğe dikkat edilmesi önerilebilir.

Yıkama işlemi uygulanan sapelli örneklerinde özellikle sıcak su ile yıkama ağırlık kayıplarında anlamlı farklılık oluşturmuştur. Ancak diğer iki ağaç türüne göre sapelli örneklerinde daha az ağırlık kaybı olduğu görülmüştür. Bu nedenle yıkanmaya karşı sapelli örneklerinin tercih edilmesi önerilebilir.

Çürüklük testinde kullanılan *Postia placenta* mantar türünün kısa sürede çok önemli ağırlık ve direnç kayıplarına yol açtığı bilinmektedir. Yıkama işleminden sonra sapelli ağaç türünde oluşturduğu çürüklük ve ağırlık kaybı oldukça önemli ve yüksek seviyelerde %41-45 arası bulunmuştur. Bu nedenle bu mantar türüne karşı sapelli odunlarının tercih edilmemesi uygun olacaktır.

Çürüklük testinde kullanılan *Postia placenta* mantar türünün, yıkama işleminden sonra iroko ağaç türünde oluşturduğu çürüklük ve ağırlık kaybı düşük seviyelerde (%0.68-1.83 arası değerler) bulunmuştur. Bu nedenle bu mantar türüne karşı irokonun doğal dayanıklılığı yüksektir ve kullanımı önerilmektedir.

*Postia placenta* mantar türünün doussie odunlarında sıcak su ile yıkanması sonucu yüksek değerlerde %22 ağırlık kaybı oluşturması nedeni ile doussie örneklerini sıcak su ile teması olan kullanım yerlerinde tercih edilmemesini öneriyoruz.

Bu çalışmada *Irpex lacteus* çürüklük mantarına karşı en az dayanıklı olan türün iroko, en dayanıklı olan türün ise doussie ağaç türü olduğu tespit edilmiş ve kullanım yerlerinin buna göre belirlenmesi tavsiye edilebilir.

Genel olarak yıkama işlemlerinin odununun çürüklük mantarlarına karşı toksik özellik taşıyan ekstraktif maddeleri uzaklaştırarak odunun dayanıklılığını düşürdüğü önceki çalışmalarda sıklıkla tespit edilmiştir [10,11]. Bazı çalışmalarda da yıkama işleminin tipi ve çürüme denemelerinde kullanılan mantar türüne göre yıkanmış örneklerde kontrol örneklerine göre daha düşük ağırlık kayıpları tespit edilmiştir [12-13]. Yapılan çalışmada ise yıkama işlemlerinin genel olarak kullanılan odun türlerinin dayanıklılığı üzerine önemli bir değişikliğe sebep olmadığı görülmüştür. Bu durumu, çalışmada kullanılan odun türlerinin yıkanmaya karşı dirençli ekstraktiflere sahip olmasından kaynaklanabilir. Dolayısıyla, yıkama işlemlerinin odun dayanıklılığı üzerine etkilerinin daha iyi açıklanabilmesi için ileri tetkiklerin (GC-MS ve HPLC v.b.) kullanıldığı yeni çalışmaların planlanması faydalı olacaktır

## V. KAYNAKLAR

[1] *Test Methods for Determining the Effectiveness of Wood Preservatives and Their Performance Requirement*, [JIS] Japanese Industrial Standard, JIS K 1571, 2004.

[2] Y. Bozkurt, N. Erdin, *Ağaç Teknolojisi*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No: 445, 1997.

[3] N. Erdin, *Ahşap Konservasyonu*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No: 4840, ISBN: 978-975-404-842-1, 2009.

- [4] Y. Bozkurt, Y. Göker, N. Erdin, *Emprenye Tekniği*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No: 3779, Orman Fakültesi Yayın No: 425, 1993.
- [5] A. Berkel, *Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 1745/183, Sermet Matbaası, 1972.
- [6] Y. Bozkurt, N. Erdin, *Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar*, 3. Baskı, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayını, Yayın No: 5065, Orman Fakültesi Yayın No: 500, 2013.
- [7] Y. Göker, A. Kurtoğlu, “Bazı Denizaşırı Ağaç Türlerinin Kullanım Yerleri,” İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayını, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını*, Seri B, Cilt 36, Sayı 4, 1986.
- [8] *Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures*, ASTM D 1413-07, 2008.
- [9] N. Özyuvacı, *Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri*, İstanbul, Türkiye: İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 221, 1976.
- [10] G.T. Kirker, A.B. Blodgett, R.A. Arango, P.K. Lebow, C.A. Clausen, *The role of extractives in naturally durable wood species*. International Biodeterioration & Biodegradation, 2013, 82, 53-58.
- [11] C. Howell, A.C.S. Hastrup, R. Jara, F. H. Larsen, B. Goodell, J. Jellison, *Effects of hot water extraction and fungal decay on wood crystalline cellulose structure*, Cellulose, 18, 2011, pp. 1179–1190.
- [12] G. Mantanis, E. Terzi, S.N. Kartal, A.N. Papadopoulos, *Evaluation of mold, decay and termite resistance of pine wood treated with zinc- and copper-based nanocompounds*, International Biodeterioration & Biodegradation, 90, 2014, pp. 140-144.
- [13] F. Lyon, M.F. Thevenon, A. Pizzi, J. Gril, *Resistance to decay fungi of ammonium borate oleate treated wood*. Pekin, China. 40 th Annual Meeting of of the International Research Group on Wood Protection, 2009.