

TEL DİREKLERİNDE EMPRENYE TEKNİKLERİ

Yrd.Doç.Dr. Engin Derya GEZER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi
Orman Endüstri Müh. Böl.
61080 TRABZON**

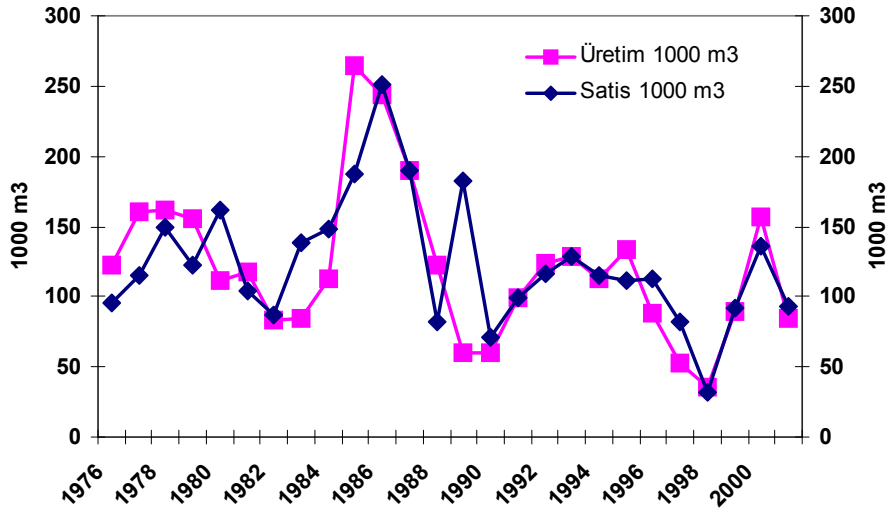
Mart 2009

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

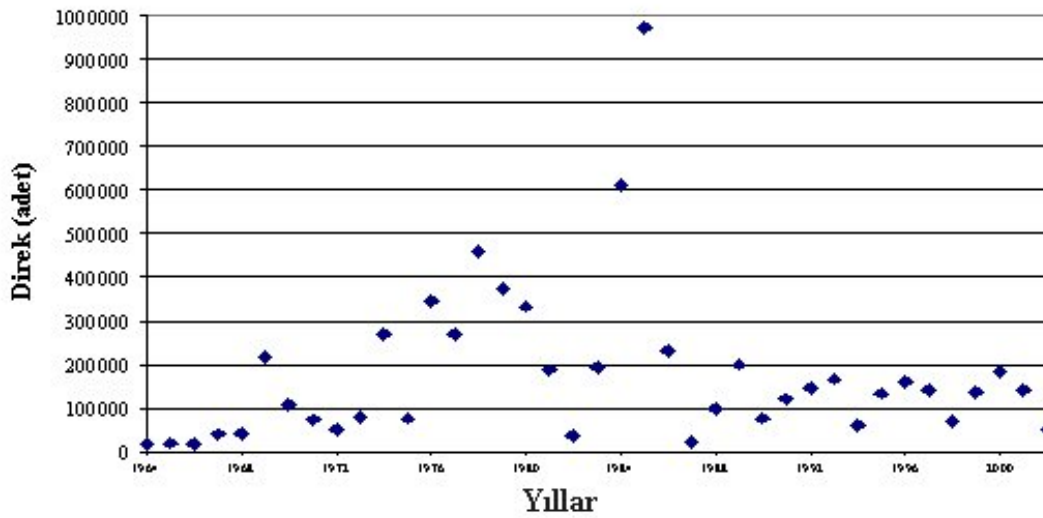
Son yıllarda ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızlıca yok edilmesi ağaç malzemenin empenye edilerek kullanım süresinin artırılmasını zorunlu kılmıştır. Bunun yanında, kullanım süresini doldurmuş atıl durumdaki empenyeli ağaç malzemelerin (tel direği, travers vb.) tekrar değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Ülkemizde her ne kadar ağaç malzemenin empenyesi ile ilgili standartlara uyma mecburiyetinin olmamasına ve empenye işlemlerinin Bayındırlık İskan Bakanlığının hazırladığı şartnamelere girmemiş olmasına rağmen, yaklaşık yılda 400.000 m³ iğne yapraklı türlerden üretilen tel direkleri ve 30.000 m³ yapraklı ve iğne yapraklı türlerden üretilen traversler empenye edilmektedir [1]. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğünün verilerine göre, sadece Trabzon ilinde 208.000 Rize ilinde 180.000 ve Artvin ilinde 121.000 adet dikili tel direği bulunmakta ve bu üç ilde ortalama her yıl CCA (bakır/krom/arsenik) ile empenye edilmiş 17.000 adet tel direği kullanılmaktadır [2]. Orman Genel Müdürlüğü tarafından üretilen ve satılan tel direklerinin yıllara göre dağılımı Şekil 1’de verilmektedir [3]. Özellikle Karadeniz Bölgesinin sahil kesimlerinde tel direklerinin ömrü sadece 10-15 yıl kadardır. Kullanım ömrünü tamamlamış atıl durumdaki empenyenli ağaç malzemelerin miktarı gelecek yıllarda çok hızlı bir şekilde artacaktır. Ülkemizde atıl hale gelen tel direklerine ait istatistik verileri bulunmamakla birlikte, TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964 yılında günümüze kadar kullanılan tel direği miktarları Şekil 2 de verilmektedir [4].

Kullanım ömrünü tamamlayıp, servisten alınan tel direklerinin miktarı 1994 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde yaklaşık 8 milyon metreküp iken, bu rakam 2000 yılında 10 milyon metreküp olmuş, 2010 yılında 15 milyon metreküp, 2020 yılında 18 milyon metreküp olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum Avrupa ülkelerinde de benzer şekildedir [5,6,7,8]. Her yıl ortalama 2.1-2.4 milyon ton empenyeli ağaç malzeme kullanım ömrünü tamamlayıp, atıl hale gelmektedir.



Şekil 1: Orman Genel Müdürlüğü'nün yıllara göre tel direği üretimi ve satışı.

Sadece Fransa' da CCA ile empenye edilmiş 26 milyon tel direği kullanılmaktadır. Her yıl 500.000 direğin (yaklaşık 50.000 ton) kullanım süresi bitmekte, atıl hale gelmektedir. Bundan sonra yeni empenyeli del direği kullanılmasa bile atıl haldeki empenyeli ağaç malzemelerin değerlendirilmesi problemi 50 yıl daha devam edecektir [9,10].



Şekil 2. TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964-2002 yılları arasında kullanılan tel direk miktarı

Diğer yandan ABD Çevre Koruma Kurumunun (Environmental Protection Agency, EPA) 12 Şubat 2002 tarihinde almış olduğu kararla; çocuk oyun alanlarında, park ve bahçe alanlarında kullanılan CCA ile emprenyeli peyzaj kerestelerinin ve evlerde kullanılan yine CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin 31 Aralık 2003 tarihinden itibaren kullanılmasını yasaklamıştır. Bu tarihten itibaren CCA ile emprenye edilmiş kerestelerin yukarda belirtilen kullanım yerlerinde kullanılması tamamen yasaklanacaktır. CCA ile emprenye ile edilmiş telefon ve elektrik direkleri, demiryolu traversleri ve köprü elemanlarının kullanılmasına devam edilecektir. Ancak, bu ağaç malzemelerin üzerine CCA ile emprenye edilmiştir etiketi konulması tavsiye edilmiştir. Bu kararlar, Kanada'daki Atık Yönetimi ve Düzenleme Kurumu tarafından (Canada Pest Management Regulatory Agency) 12 Şubat 2002 tarihinde ve Avrupa Birliği Ülkeleri Batı Avrupa Odun Koruma Enstitüsü (Western-European Institute for Wood Preservation) tarafından 30 Nisan 2002 tarihinde aynen kabul edilmiştir. Bu nedenle, atıl hale gelecek CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin miktarında kısa süre içerisinde büyük bir artış meydana gelecektir. Atıl haldeki ağaç malzemelerin hizmetten alınması, depolanması ve tekrar değerlendirilmesine ilişkin sorunları bir kez daha gündeme gelmektedir.

Geleneksel olarak atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemeler için uygulanan en yaygın yöntemler; boş alanlarda toplama, toprağa gömme veya basınç altında yüksek sıcaklıkta kapalı ortamda yakma seçenekleri çevreye negatif etkilerinden dolayı artık kullanılmamaktadır. Atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin yakılması sırasında gerek açığa çıkan kimyasal gazların çevreye zarar vermesi ve gerekse yakılmasından sonra geriye kalan kısımda (kül) çok zehirli arseniğin bulunması insanlara ve hayvanlara karşı ciddi tehlike arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin yakılmasından sonra açığa çıkan 1 gr külün 150 insanı öldürecek kadar zehirliliğe sahip olduğu bildirilmiştir [11]. Bu nedenle, atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin tekrar değerlendirilmesi (recycle) önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Ağaç malzemenin emprenye edilmesi diğer gelişmiş ülkelere nazaran ülkemizde çok daha sonra başladığından, atıl durumdaki emprenyeli ağaç malzemenin tekrar değerlendirilmesi sorunu yeni olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2 CCA Emprenye Maddeleri

İlk olarak, 1933 yılında formüle edilen ve patenti alınan CCA emprenye maddesinin oksit ve metal tuz esaslı olmak üzere iki tipi bulunmaktadır. Oksit esaslı CCA emprenye maddesinin bileşimi, ABD Odun Korumacılar Birliği (AWPA: American Wood Preservers' Association) tarafından belirlenmiş ve içerisindeki bakır, krom ve arsenik miktarının değişik oranları nedeniyle A, B ve C olmak üzere 3 tipe ayrılmıştır. Tip A, Tip B ve Tip C olmak üzere CCA tiplerinin bileşimleri Tablo 1'de verilmektedir [12,13].

Tablo 1. AWPA Standartlarına Göre CCA'nın 3 Tipinin Bileşimi

BİLESEN	Tip A (%)			Tip B (%)			Tip C (%)		
	En Az	Optimu	En Çok	En Az	Optimum	En Çok	En Az	Optimum	En Çok
Krom, (CrO ₃)	59.4	65.5	69.3	33.0	35.3	38.0	44.5	47.5	50.5
Bakır, (CuO)	16.0	18.1	20.9	18.0	19.6	22.0	17.0	18.5	21.0
Arsenik, (As ₂ O ₃)	14.7	16.4	19.7	42.0	45.1	48.0	30.0	34.0	38.0

AWPA tarafından standardize edilen bu bileşimlerde, karışımdaki bileşenler tuzlar şeklinde değil, aktif oksitler halindedir.

CCA-Tip A, Tip B, Tip C'den hazırlanan emprenye maddesi çözeltilerinin ise Tablo 2' de gösterilen pH alt ve üst limitlerine sahip olması gerekmektedir [14,15].

Tablo 2. CCA-Tip A, Tip B ve Tip C' nin pH Alt ve Üst Limitleri

CCA EMPRENYE MADDESİ TİPLERİ	PH ALT VE ÜST LİMİTLERİ
CCA- Tip A	1.6-2.7
CCA- Tip B	1.6-2.5
CCA- Tip C	1.6-2.5

CCA-Tip B genellikle yerinde bakım işlemlerinde kullanılırken, CCA-Tip A basınçla emprenye yöntemlerinde çok fazla tercih edilmekte, fakat bugün ABD'de CCA ile emprenye işlemlerinde CCA-Tip C çok daha fazla kullanılmaktadır. Ayrıca, CCA-Tip C'nin formülasyonunun yıkanmaya karşı direnç ve biyolojik performans açısından en iyi kombinasyona sahip olduğu belirtilmektedir [16].

Metal tuz esaslı CCA emprenye maddelerinin ise iki tipi bulunmakta ve bu tiplerin bileşimleri ise Tablo 3'de verilmektedir [1,16].

Tablo 3. : CCA-Tip I ve Tip II' nin Bileşimi

BİLEŞEN	CCA Tip I (%)	CCA Tip II (%)
Bakır sülfat, ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	32.6	31.5
Potasyum dikromat, ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) veya sodyum dikromat ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	41.0	40.5
Arsenik pentaoksit, ($\text{As}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	26.4	18.0

1.2.1 CCA Emprenye Maddelerinin Odundaki Fiksasyonu

CCA emprenye maddeleri odunda tama anlamıyla tutunduğundan (fikse olduğundan) ve ağaç malzemedan kolayca yıkanmadığından toprak temaslı uygulamalarda, etkili bir emprenye işlemi için en çok kullanılan koruyucu maddelerden birisidir. Bakır, krom ve arseniğin odundaki lignin ve karbonhidratlarla olan reaksiyonlarını açıklamak için son yıllarda bu alanda birçok araştırma yapılmaktadır. Birçok araştırmacı tarafından araştırılmasına rağmen; CCA emprenye maddesinin gerek emprenye işlemi sırasında gerekse emprenye işleminden sonra odunla ilişkisi karmaşık olup, halen tam olarak CCA'nın oduna fiksasyonu tam olarak anlaşılamamış ve ortaya açıkça konulamamıştır. Bazı araştırmacılar CCA bileşiminin etkinliği ve yıkanması üzerine birçok çalışmalar yapmışlardır. Bunlara ilaveten, CCA fiksasyonu ve CCA'nın hücre çeperlerindeki dağılımını ortaya koyan çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmaların sonuçları, CCA emprenye maddesinin belirli bir kısmının, kararlı (stabil) kompleksler/esterler oluşturmak için odundaki lignin ile reaksiyona girdiğini göstermektedir. CCA emprenye maddesinin geri kalan kısmı ise, odun karbonhidratları ve özellikle selüloz üzerine çökmek ya da zayıfça bağlanmak suretiyle kendini göstermektedir [17,18,19].

Fiksasyon sırasında odun, çökelme durumlarını önemli derecede etkilediğinden, fiksasyon reaksiyonlarının en önemli kısmını oluşturmaktadır [20]. Fiksasyonun tamamlanması günler, haftalar veya hatta aylar sürmesine rağmen, bazı reaksiyonlar emprenye işleminden hemen sonra ilk birkaç saat içerisinde gerçekleşmektedir [21,22]. Dahlgren [23] ve Dahlgren ve Hartford [24] ladin ve çam diri odun tozunda (ununda) yaptıkları geniş kapsamlı çalışmada fiksasyonun üç periyotta gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. Buna göre bu üç periyot;

1. Geçici başlangıç reaksiyonları,
2. Başlangıç fiksasyon reaksiyonları,
3. Dönüşüm (değişim) reaksiyonlarından oluşmaktadır.

CCA emprenye maddesinin odun içerisinde fiksasyonunun farklı fazlardaki durumu Tablo 4'de verilmektedir.

Başlangıçta yer alan reaksiyonlar, iyon değişim reaksiyonları ile bakırın oduna fiksasyonunu, protonların geçici iyon değişim tutunmasını ve kromik asidin geçici adsorpsiyonunu kapsamaktadır. Bu reaksiyonlar, ayrıca odunda pH'nın ani ve önemli bir artışına da neden olmaktadır [20]. Dahlgren ve Dahlgren ve Hartford yaptıkları çalışmada, ilk üç dakikada CCA'nın hidrojen iyonu aktivesinin orijinal çözeltisinde %20 daha fazla olduğunu tespit etmişler ve bunu bakır ve krom iyonlarının odun bileşenleri arasındaki iyon değişimi ve adsorpsiyon reaksiyonuyla açıklamışlardır [23,24]. Bakır ve kromun bir kısmının odun ile hemen anında reaksiyona girdiği gözlenmiştir [25]. CCA'nın selüloz, glikoz, guarasol ve ince olarak öğütülen odun ile reaksiyonlarını ortaya koymak için çok geniş kapsamlı araştırmalar yapan Pizzi de başlangıç bakır fiksasyonunu tespit etmiş, ancak bunun sadece fiziksel adsorbsiyon olduğunu ve diğer araştırmacıların belirttiği gibi yoğun bir şekilde gerçekleşmediğini bildirmiştir [26]. Odun içerisinde bakır ve kromun reaksiyonları hemen hemen ani olmakta ve bu sadece bir fiziksel adsorbsiyon olarak nitelendirilmektedir.

Başlangıç iyon değiştirme ve adsorpsiyon reaksiyonunu takiben Dahlgren'in "başlangıç çökeltme fiksasyon periyodu" olarak adlandırdığı fiksasyon mekanizmasının çökeltme reaksiyonları devam eder. Bu periyottaki reaksiyonlarda kromik asit +3 değerlikli [Cr^{+3}] iyonlarına indirgenir ve buda kalıcı bir pH artışına neden olur [20,23]. Pizzi başlangıç iyon değişimi ve adsorpsiyon reaksiyonlarını takip eden ana çökeltme periyodunu tanımlar ve bu periyodu 2 saat içinde gerçekleşen 3 reaksiyon bölgesine ayırır [26,27]. Bununla birlikte, burada dikkat edilmesi gereken husus Pizzi ve Dahlgren'in ikisi de çalışmalarını odun unuyla yaptıklarından dolayı odun bileşenleri kolaylıkla ortamda mevcut olduklarından bu reaksiyon sürelerinin doğru olarak tahmin edilememiş olmasıdır. Bu özellikle, Pizzi'nin çalışmalarını yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirdiği için daha çok geçerlidir.

Depolama sırasında da fiksasyon reaksiyonları devam etmektedir. Emprenye işlemini takiben fiksasyon reaksiyonları odun içerisinde haftalar veya hatta aylar sürebilir. Dahlgren'in teorisine göre ilk çökeltme fiksasyon periyodu odun-CCA sisteminin pH'sı maksimuma ulaştığında sonlanır çünkü bu noktada kromun tamamı çökeltmektedir. Kromun çökeltmesini takiben, asit ve tersiyer bakır arsenatların basit bakır arsenata dönüşme reaksiyonları gibi yavaş reaksiyonlar birkaç ay sürebilir. Bu periyotta odun-CCA sisteminin pH'sı önce artar, daha sonra

bir miktar azalır. Bunun nedeni ise protonların kromatların indirgenmesiyle tüketilmesi ve kromat-odun kompleksinin +3 değerlikli $\text{Cr}(\text{OH})_3$ formunda meydana gelmesidir. Bu üç değerlikli krom arsenatın bir kısmı daha sonra diğer reaksiyonlar sonucunda oluşan AsO_4 ile tersiyer krom arsenatı oluşturur. Dahlgren, en son denge fiksasyon ürünlerini iyon değişim reaksiyonları tarafından oduna fikse olan bakır olarak aşağıdaki gibi sıralamaktadır. CrAsO_4 , $\text{Cu}(\text{OH})\text{CuAsO}_4$ ve $\text{Cr}(\text{OH})_3$ [26,27]. CCA'nın büyük bir kısmının gerek ligninle kompleksler oluşturarak gerekse fiziksel olarak selülozda inorganik tuzlar olarak çökelediği bildirilmiştir [26,27]. Geriye kalan bakır selülozla veya ligninle Cu^{+2} olarak reaksiyona girer ve büyük bir kısmı lignine bağlanırken, krom kromatın küçük bir kısmı selüloza bağlanır [26,27]. Pizzi'nin tanımlamasına göre kromun indirgenmesi selüloz ile olur, ancak kromun çözünmez hale gelmesi +6 değerlikli kromun lignin ile reaksiyonu sonucundan kaynaklanmaktadır [28]. Bu reaksiyonlar Dahlgren ve Hartford'un belirttiğinden daha hızlı ilerlemektedir [26]. Buna ilave olarak Dahlgren ve Hartford tarafından tespit edilen bakır arsenatlar Pizzi tarafından bulunamamıştır. Bu muhtemelen Pizzi tarafından kullanılan Tanalith C'nin daha az arsenik içermesinden; Dahlgren ve Hartford'un ise daha fazla arsenik içeren Boliden K33 kullanmalarından kaynaklanmış olabilir.

Odunun pH gibi, lignin yapısı ve miktarı, ekstraktif madde miktarı ve muhteviyatı gibi özellikleri fiksasyonu etkileyebilir. Odunun doğal pH'sı, oduna fikse olan 6^+ değerlikli krom miktarının değişmesiyle ve selüloz ve lignin arasındaki emprenye maddesi bileşenlerinin dağılımının değişmesine neden olarak fiksasyonu etkileyebilir [20,27]. Dahlgren yaptığı bu çalışmada, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarından aldığı örneklerde, pH seviyesi yüksek olan (örneğin kayın pH=5.6) türlerin fiksasyonun asidik olan türlere göre (örneğin ponderosa çamı pH=3.7) daha uzun sürdüğünü bildirmiştir. Bunun nedeni ise düşük pH'ya sahip türlerde +6 değerlikli kromun daha erken çökmeye maruz kalması şeklinde açıklamaktadır. Mevcut lignin tipi ve miktarı fiksasyonu etkileyen diğer bir faktör olabilir. Krom ve bakırlı bileşimler iğne yapraklı ağaç odunlarında bulunan guayasil lignin birimleriyle, yapraklı ağaç odunlarında bulunan syringil lignin birimlerine oranla daha kararlı kompleksler oluşturur [29,30].

Tablo 4. CCA Emprenye Maddesinin Fiksasyon Reaksiyonları [23].

GEÇİCİ BAŞLANGIÇ REAKSİYONLARI	ÇÖKELME FİKSASYONU, ZAMAN →	
	ESAS ÇÖKELME FİKSASYON BÖLGELERİ	SON REAKSİYON YADA KONVERSİYON PERİYODU
Bakır doygunluğuna doğru iyon değişim fiksasyonu	KROM FİKSASYON BÖLGELERİ 1 2 3 4	Stabil olmayan çökelmiş materyalin çözünmezliği yolu ile yavaş reaksiyonlar
	Cr(VI)'nın odunla. Cr(VI)'nın odunla veya ara oksidasyon Reaksiyonunun 1. ürünleri ile 2 tip reaksiyonu tipi	Proton ayırma reaksiyonları Asit ve 3. dereceden bakır arsenatlar → bazik Cu arsenat
Kromik asidin adsorpsiyonu ve geçici iyon değişim ile protonların alınması		$\text{Cr}_4(\text{OH})_{10}\text{CrO}_4$ ve $[(\text{Cr}(\text{OH})_2)_2\text{CrO}_4]$
		Asit CuCr arsenat → 3.dereceden Cr arsenat + bazik Cu arsenat Bazik krom kromatların hidrolizi
	iyon değişimi ile fikse olmuş bakırın ayrılması	Proton tüketim reaksiyonları
	$[\text{Cr}(\text{CrO}_4)_3]^{3-}$ olarak oduna fiksasyon	Kromatlar → $\text{Cr}(\text{OH})_3$ Kromik asit(serbest) → $\text{Cr}(\text{OH})_3$ Arsenik asit (serbest) → CrAsO_4
	Alkali bakır kromatlar	
	$\text{HmCu}_n\text{Cr}_{3.2n-m/3}\text{AsO}_4 \rightarrow \text{CrAsO}_4$	Son denge fiksasyon üretimi Oduna, iyon değişimi ile fikse olmuş Cu CrAsO_4 $\text{Cu}(\text{OH})\text{CuAsO}_4$ $\text{Cr}(\text{OH})_3$
Önemli pH artışı	Maksimuma doğru pH artışı. Kromat azalışı ile proton tüketiminin hakim olması	Reaksiyonlar bitinceye kadar Değişen pH azalışı ve artışları
	$\text{HmCu}_{3,m/2}\text{AsO}_4 \rightarrow \text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$	$\text{Cu}_2\text{OHAsO}_4$ $\text{Cu}(\text{OH})\text{CuAsO}_4$ $\text{Cr}(\text{OH})_3$

$k_1 > k_2 > k_3 < k_4$ $k = \text{Cr}$ fiksasyonunun hız sabiti, 1,2,3 ve 4 Cr fiksasyon bölgelerini göstermektedir.

Geçici olarak çökelmiş asit arsenatların tüketimi reaksiyonlar sırasında 3.dereceden arsenatlara doğru değişir.

1 .bölge bazı durumlarda oluşmaz veya belirlenemeyen küçük bir periyoda sahip olabilir.

2.bölge oduna kromat olarak fiksasyon bittiğinde sona erer.

4.bölge bazik krom kromatlar çöktüğünde başlar.

Bölge sınırlarında pH, farklı emprenye maddeleri için farklıdır.

Kromun tümü esas fiksasyon periyodunun sonunda çöktürülür.

Araştırmacılar ayrıca CCA ile emprenyeli odunlarda bakır, krom ve arseniğin mikro dağılımını doğrudan belirlemek için birçok çalışma yürütmüşlerdir. İlk yapılan çalışmalarda elektron ve mikroprob mikro analiz (EMMA) cihazıyla kombine olan taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanmışlardır. Petty ve Preston, sitka ladini (*Picea sitchensis*) odun örneklerinde bakır, krom ve arseniğin hücre çeperi tabakalarında homojen bir dağılım gösterdiğini tespit etmişlerdir [31]. Chou ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada CCA ile emprenyeli iskoç çamı (*Pinus sylvestris* L.) odun örneklerinde, bakır/krom oranının tüm hücre çeperi boyunca sabit olduğunu; ancak bakır/arsenik oranının çok değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir [32]. Özellikle bakır/arsenik oranı orta lamelde S₂ tabakasındakine göre daha fazladır. Ayrıca, hemen hemen saf sayılabilecek bakırın hücre lümeni boşluklarında ve hücre çeperi arasında biriktiği ve ince bir film tabakası halinde de mikrofibrillerde bulunduğu rapor edilmiştir [33].

Tablo 5.'de krom içeren suda çözünen emprenye maddeleri ile odun arasındaki kimyasal reaksiyonların yapısı gösterilmektedir [34].

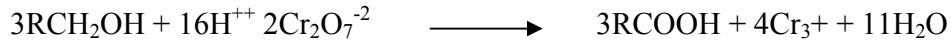
Tablo 5: CCA Fiksasyon Reaksiyonları

REAKSIYON	TANIMLAMA	ÜRÜNLER
Başlangıç	Cu ⁺⁺ (CrO ₄) ⁻² 'nin odun bileşenleri üzerine hızlı adsorpsiyonu	Cu/odun Cr-VI/Odun
	Cr(VI)'un indirgenmesi, pH'nın yavaş bir şekilde artışı	CrAsO ₄ Cu(OH)CuAsO ₄ CuCrO ₄ Cr ₂ (OH) ₄ CrO ₄ Cr(OH) ₃
Uzun süreli	Düzensiz pH değişimi	

Burada, toplam 6⁺ değerlikli kromun %50-60'nın başlangıçtaki alınımı ve odun yapısı üzerine 6⁺ değerlikli kromun başlangıçtaki adsorpsiyonu görülmektedir. Bu olay, sistemin pH'sının artışına bağlanmaktadır. Bu reaksiyon öylesine hızlı oluşmaktadır ki, fiksasyon ağaç malzeme halen emprenye kazanında iken de tamamlanabilmektedir [34]. Fiksasyon reaksiyonları sırasında, bakırın hızlı katyon değişim adsorpsiyonu da söz konusu olabilmektedir. Çözeltinin pH'sının düşük olmasından dolayı, CCA çözeltileri için başlangıçta adsorbe edilen bakır miktarı

da düşük olmaktadır. 6^+ değerlikli krom azaltıldığı için, emprenye edilen odunun pH derecesi, bakır iyon değişimi nedeniyle yükselmektedir [34].

Bu adsorbsiyon reaksiyonları, aşağıdaki genel eşitlikle de ifade edilebildiği gibi, odunun bileşenleri tarafından serbest 6^+ değerlikli kromun, 3^+ değerlikli kroma yavaş bir şekilde indirgenmesi ile devam etmektedir [34]:



Reaksiyonda hidrojen iyonları tüketildiğinden sistemin pH'sı artmaktadır. Genel olarak $CrAsO_4$ ve $Cr(OH)_3$ gibi düşük çözünürlüğe sahip bileşikler, krom indirgenmesi sırasında odun yapısı üzerine çökeltirilir. Bununla birlikte kovalent veya koordinasyon bağlı krom kompleksleri de odundaki lignin ile bileşikler oluşturmaktadır [34].

1.2.2. Fiksasyon Reaksiyonlarını Etkileyen Faktörler

Suda çözünen krom esaslı emprenye maddelerinin odundaki reaksiyonlarını etkileyen faktörler, standart kimyasal reaksiyonları etkileyen faktörlerle benzerlik göstermektedir. Bu faktörleri;

1. Sıcaklık ve rutubet,
2. Konsantrasyon ve pH,
3. Odun türü,
4. Kimyasal formülasyon,
5. Ortamda UV ışığının bulunup bulunmaması,
6. Emprenye maddesinin tuz ve oksit bazlı olup olmaması,
7. İlave edilen maddeler,

olarak sıralamak mümkündür [34].

1.2.2.1 Sıcaklık ve Rutubet

Bir tür çözünememe mekanizması olan fiksasyon reaksiyonlarında, emprenye çözeltisinde orijinal olarak bulunan suda çözünebilir özellikteki bileşikler, odun içerisinde çözünemez veya daha zor çözünebilir toksik maddelere çevrilmektedir. Reaksiyon hızı sıcaklığın bir fonksiyonu olduğu için, bu reaksiyonların oluşmasında en önemli faktör sıcaklıktır. Spesifik reaksiyon hızı, reaksiyonun termomekaniksel özellikleri ile ilişkilidir. Spesifik reaksiyon hızı, sıcaklıktaki her 10 °C' lik artışla 1-3 kez artabilmektedir [14].

Sıcaklık sadece, başlangıç fiksasyon reaksiyonlarının hızını değil, aynı zamanda fiks olan 6^+ değerlikli kromun miktarını da etkilemektedir. Yılın soğuk mevsimleri sırasında fiksasyon reaksiyonları oldukça yavaşlamakta, donmuş bir ağaç malzemedede ise fiksasyon reaksiyonları tamamen durmakta ve hiç bir iyon transferi gerçekleşmemektedir [20].

Fiksasyon hızı, emprenye işlemini takip eden süre içerisindeki çevre şartları ile etkilenmektedir. Sıcaklık bu hızı etkileyen çeşitli parametrelerden en önemlisidir. Özellikle toksik karakterdeki 6^+ değerlikli kromun 3^+ değerlikli kroma indirgenme hızının sıcaklıkla oldukça sıkı bir ilişkisi bulunmaktadır. İşlemden sonra ve işlem sırasında sıcaklığın ayarlanması fiksasyon için gereken zamanın azalmasını önemli derecede etkilemektedir. Böylece emprenye edilmiş ağaç malzemenin güvenle kullanımı için gerek duyulan depolama zamanı düşürülebilmektedir [34].

Genel olarak, yüksek sıcaklık krom esaslı emprenye maddelerinin fiksasyon hızlarını artırmaktadır. CCA bileşenlerinin odun hücre çeperi bileşenleri üzerinde dağılımını, emprenye işlemi sırasındaki sıcaklık uygulamaları büyük ölçüde etkilemektedir. Fiksasyonun ilk basamakları esnasında uygulanan sıcaklığın dağılım üzerinde daha fazla etkisi bulunmaktadır. Başlangıç reaksiyonlarının ilk kısımlarında, karbonhidratlar üzerine kromun adsorpsiyon hızı, yaklaşık olarak ligninle olan adsorpsiyon hızına eşittir. Bu oran, sıcaklığın artışı ile karbonhidratlar üzerine daha fazla krom adsorpsiyonuna neden olarak değişmektedir. Başlangıç reaksiyonlarının ikinci kısımlarında, aşırı bir şekilde lignin üzerinde krom bulunduğundan, sıcaklık ilk reaksiyon bölgesinde artırıldığında, daha fazla krom, odunun karbonhidrat fraksiyonu ile reaksiyona girebilecektir. İkinci bölge bitirilinceye kadar, reaksiyona girmemiş kromunun çoğu ligninle reaksiyon oluşturacaktır. Emprenye edilmiş ağaç malzemenin biyolojik performansı için bunun önemi büyüktür. Eğer odunun karbonhidrat kısmı koruma için ihtiyaç

duyulan en önemli kısım ise, ilk reaksiyonların meydana geldiği bölgelerde yüksek sıcaklıklar uygulanmamalıdır. Eğer, lignin kısmının korunmasına daha fazla ihtiyaç duyulursa, yüksek sıcaklık uygulanmalıdır [34]. Sıcaklıktaki artış, bir yandan selülozla daha fazla kromun reaksiyonuna sebep olurken, bir yandan da yıkanmaya karşı daha fazla hassas olan aşırı 3^+ değerlikli krom alımına neden olmaktadır. Bu durum, yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş ağaç malzemedede oluşan daha fazla madde yıkanmasını kısmen açıklamaktadır [35].

Fiksasyon reaksiyonları tamamlanmadan önce yapılan yüksek sıcaklıklarda kurutma uygulamaları, fiksasyon hızını, yıkanmaya karşı direnci ve biyolojik etkinliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Kurutma sırasında suyun yüzeysel buharlaşması ile odun içerisine ısının transfer hızı azalacağından, fiksasyon hızı düşebilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda fiksasyon ve kurutma işlemleri, emprenye maddeleri ve odun hücre çeperi bileşenleri arasındaki kimyasal reaksiyon tiplerini etkilemektedir. Bundan başka, fiksasyon reaksiyonları bitmeden yapılan kurutma işlemleri, buharlaşma olan yüzeylere serbest çözeltinin kapılar taşınması ile odun yüzeylerine fikse olmamış bileşiklerin göç etmesine yol açabilmektedir. Böylece, sebebi ne olursa olsun, fiksasyon tamamlanmadan önce kurutma işlemine maruz kalan ağaç malzemedede emprenye maddesinin tüm bileşiklerinde yıkanma miktarı artabilmektedir [36].

Odunun rutubet miktarı, fiksasyon hızının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Bu yüzden emprenye edilmiş ağaç malzemeye, fiksasyon reaksiyonları tamamlanmadan yapılacak yüksek sıcaklık derecelerinde kurutma işlemleri, fiksasyon reaksiyonlarını kesintiye uğratabilecektir. Bundan dolayı, eğer emprenye edilmiş ağaç malzemenin hızlı bir şekilde kurutulması gerekiyorsa, bu işlemlerin fiksasyon reaksiyonları tamamlandıktan sonra yapılması gerekmektedir [35].

Yine birçok araştırmacı, çok yüksek sıcaklık uygulamasının elementlerin yıkanma derecesini artırdığını ve fiksasyon reaksiyonlarına engel olduğunu belirtmektedir. Bu durum, özellikle odunun rutubet miktarının çok hızlı bir şekilde düştüğü durumlarda önem kazanmaktadır [37]. Fiksasyonda kimyasal reaksiyonların oluşabilmesi için odunda yeterli miktarda suyun tutulması gerekmektedir. Fiksasyon periyodundaki sıcaklığın oda sıcaklığından 120°C 'ye çıkartılması durumunda, ani rutubet kayıplarından dolayı elementlerin yıkanma oranı dört kat artabilmektedir. Oysa 80°C 'de oluşan fiksasyonda benzer olumsuz etkiler görülmemektedir [35].

Genel olarak, emprenye endüstrisinde, emprenye maddelerinin fiksasyonunu hızlandırmak

için yüksek sıcaklıklara oranla daha ılımlı sıcaklıkların kullanılması gittikçe önem kazanmaktadır. Böylece, reaksiyona girmeyen bileşenlerin yıkanması ve kontrolsüz kaybı nedeniyle çevre kirliliği problemleri azaltılarak, odun hücre çeperlerine emprenye maddesi bileşenlerinin kontrollü reaksiyonuna izin verilmektedir. Ortamda bağıl nemin oldukça düşük bulunduğu şartlar altında kurutma işlemlerinde, fiksasyon hızı azalmakta ve fiksasyonun kalitesi düşmektedir. Bu nedenlerle, hızlı ve yüksek kaliteli fiksasyonu başarabilmek için yüksek rutubete sahip ortamlarda fiksasyonun tamamlanması önerilmektedir. Bununla birlikte, fiksasyon periyodu sırasında bir miktar kurumaya izin verilmesinde zaman ve enerji kazanımı bakımından ekonomik yararlar bulunmaktadır [38].

1.2.2.2. Çözelti Konsantrasyonu ve pH

Çözelti konsantrasyonunun etkisi, holoselülozla olan reaksiyonlara karşın, ligninin guayasil birimleri ile CCA ve krom reaksiyonunun nispi değişkenlerine bağlıdır. Farklı konsantrasyonlardaki CrO_3 çözeltileri guayakol ile reaksiyona girdiğinde, zamanla farklı pH derecelerine sahip olabilmektedir. Bu durum, aktif elementlerden birinin konsantrasyonunun değiştirilmesiyle reaksiyon hızlarının da değişeceği anlamına gelmektedir. Çözelti konsantrasyonunun azalması ile ilk reaksiyon bölgelerinde daha yüksek oranda krom reaksiyona girebilmekte ve bu durum da emprenye maddesinin biyolojik etkinliğinin değişimine neden olarak, kromun hem hücre çeperi bileşenleri, hem de bakır ve arsenik arasındaki dağılımını etkileyebilmektedir [38,39].

Endüstriyel uygulama alanında kullanılan krom konsantrasyonlarında, konsantrasyonun etkisini normal ortam sıcaklıklarında belirlemek güçtür. Endüstride kullanılan konsantrasyonlarda ve normal ortam sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklıklarda, reaksiyonun yüksek hızı nedeniyle konsantrasyon etkisinin gizlenmesi bu şartlar altında etkinin olmadığı anlamına gelmemelidir [29]. Fakat genel olarak, pratik uygulamalarda, emprenye çözeltisinin konsantrasyonunun fiksasyon hızını etkilediği, fakat bunun önemli olmadığı kabul edilmektedir.

Çözelti konsantrasyonundaki artış, emprenye maddesi bileşenlerinin oduna olan fiksasyonunu hızlandırabilmekte ve böylece oduna fikse olan kimyasalların toplam miktarı da artabilmektedir. Çözelti konsantrasyonundaki artış, tercihen lignin üzerinde fikse olmuş krom bazlı emprenye maddesi bileşiklerinin dağılımını da nispeten değiştirebilmektedir [29].

pH etkisi konsantrasyon etkisinden daha kompleks bir konudur. Asidik bir emprenye

çözeltilisinin pH derecesi, çözeltinin konsantrasyonu ile ilgili olup, konsantrasyon yükseldikçe, çözeltinin başlangıçtaki pH seviyesi de düşmektedir. Ayrıca çözeltinin pH derecesi, kullanılan kimyasalların tipine bağlı bulunmaktadır. Genel olarak, CrO_3 ile üretilen formülasyonlar $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ile üretilenlerden daha düşük pH seviyesine sahiptirler [29].

Çözelti konsantrasyonunun artması emprenye maddesi sisteminin pH derecesini düşürmekte ve sonuç olarak fiksasyon hızını arttırmaktadır. Bununla birlikte, pratik uygulamalarda, çözelti konsantrasyonu ve retensiyonu iyi bir korelasyon için uygun olmamakta ve fiksasyon hızı üzerine büyük bir rolü olduğuna inanılmamaktadır [16].

Emprenye çözeltisinin başlangıçtaki pH seviyesinde bir azalış, hücre çeperi bileşenlerine emprenye maddesi aktif elementlerinin fiksasyonunu ılımlı bir şekilde hızlandırmaktadır. Ayrıca, genel olarak CCA emprenye çözeltisinin pH derecesinin, başlangıçta 2.4 veya daha düşük olması tercihen holoselüloz üzerinde fikse olmuş krom esaslı emprenye maddesi bileşiklerinin dağılımında önemli bir değişime neden olurken, bu pH'nın 2.4 den daha yüksek olması durumunda ise, tercihen lignin üzerindeki dağılımda önemli değişiklikler yaratılabilmektedir [17].

Odundaki şekerleri indirgemek suretiyle 6^+ değerlikli kromun 3^+ değerlikli kroma indirgenmesi çözeltinin pH'sına da bağlıdır. İndirgenme reaksiyonları ilerlediği için, çözeltinin asiditesi düşmektedir. Fiksasyon süresinin uzaması ve sıcaklığın artışı 6^+ değerlikli kromun indirgenmesini hızlandırabilmektedir. Böylece bu, daha az asidik çözeltilerde indirgenme reaksiyonunun daha uzun zamanda olduğunu göstermektedir. 3^+ değerlikli krom iyonları ile oluşan ilk reaksiyon ürünü krom arsenatlar olurken, bunu bakır kromat, bakır arsenat, krom kromat ve diğer yan ürünler izlemektedir. pH'daki artışla birlikte 6^+ değerlikli kromun başlangıçtaki indirgenmesi arseniğin çökertilmesi için gerekli olmaktadır. Daha sonraki reaksiyonlar, çözeltideki bileşenlerin konsantrasyonuna ve zamana bağlıdır. Odun ile fikse olmamış aşırı miktardaki bakır, fikse olmuş bakır kromat oluşturmak için, 6^+ değerlikli kromun odun şekerleri ile reaksiyonundan önce, 6^+ değerlikli krom ile reaksiyona girmektedir [40] .

1.2.2.3 Odun Türü

Odunun pH'sı, lignin yapısı ve miktarı, ekstraktif madde oranı da fiksasyon reaksiyonlarını etkilemektedir. Odunun doğal haldeki pH'sı, oduna fikse olacak 6^+ değerlikli krom miktarı ve

selüloz ile lignin arasındaki emprenye maddesi bileşenlerinin dağılımını değiştirmek suretiyle fiksasyonu etkilemektedir. Genel olarak yüksek bir pH seviyesine sahip ağaç türlerinde (örneğin kayın, 5.6), pH'sı düşük yani daha asidik yapıdaki ağaç türlerine (örneğin çam, 3.7) nazaran fiksasyonun tamamlanması daha uzun sürmektedir. Çünkü daha düşük pH seviyesine sahip ağaç türleri fiksasyon sırasında daha fazla 6^+ değerlikli krom erken çökeltme eğilimi göstermektedirler. İğne yapraklı ağaçlarda bulunan lignin guayasil birimleri ile krom ve bakır bileşikleri, yapraklı ağaçlarda bulunan siringil birimlerine oranla daha stabil kompleksler yaptıklarından, odun içerisindeki mevcut lignin tipi ve miktarı da etkileyici bir faktör olmaktadır [35].

CCA fiksasyonunda reaktif bölge olan ekstraktif maddelerin de rolü özellikle önemlidir. Ekstraktif maddelerin genel bir tipi olan poliflavanoid tanenleri bakır, krom ve arsenik gibi metal iyonları ile kolayca kompleksler oluşturmaktadırlar [41]. Bu metal flavanoid kompleksleri diğer hücre çeperi bileşenleri ile karşılaştırıldığında daha kolay gerçekleşebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, flavanoid-CCA karışımlarının, oda sıcaklığında hemen hemen hızlı bir şekilde çöktürülürken, bir lignin-CCA karışımının tamamen çöktürülmesi için birkaç saat geçmesi gerektiği görülmüştür. Tüm CCA bileşenleri arasında 3^+ değerlikli krom, flavanoidlerle en stabil kompleksler oluştururken, Cu(I) hemen hemen stabil, 6^+ değerlikli krom ise daha az stabil kompleksler meydana getirmektedir. Arsenik de flavanoidlerle kompleks oluşturma yeteneğindedir. Fakat krom ve bakırdan daha yavaş bir şekilde kompleks oluşturmaktadır [35].

Ayrıca, ekstraktif madde varlığı, Douglas göknarı öz odununda, diri oduna nazaran fiksasyon reaksiyonlarının neden çok daha hızlı ilerlediğini ve yüksek pH oranına rağmen okaliptüs odunlarında reaksiyonların hızlı seyrettiğini açıklamaktadır. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalarda, CCA ile emprenye edilmiş çam öz odununda arsenik yıkanmasının diri oduna nazaran yaklaşık olarak iki kat arttığı ve öz odundaki ekstraktiflerin varlığının, fiksasyon reaksiyonu ile çatıştığını ortaya koymaktadır [35].

Genel olarak odunla CCA emprenye maddesinin etkileşimi üzerine yapılan çalışmalar, çoğu odun bileşeninin bağıllığı için delil oluşturmaktadır. Bu, $+6$ değerlikli kromun yüksek indirgenme potansiyeli, bir çok organik substrat tarafından bakırın hızlı adsorpsiyonu ve odunda mevcut bir çok reaktif bölgenin varlığı düşünüldüğünde sürpriz bir sonuç olmamaktadır [35].

Fiksasyon reaksiyonlarının geniş bir dağılımını açıklamak amacıyla kapsamlı bir fiksasyon teorisi öne sürülmekte ve bu amaçla, fiksasyonun makro ve mikro aşamaları içerdiği

düşünülmektedir. Makro fiksasyonda, CCA bileşenleri esas olarak inorganik çöktürler oluşurken, aynı zamanda ekstraktif maddelerle ve mevcut hücre çeperi bileşenleri ile de reaksiyona girmektedir. Mikro fiksasyonda ise emprenye maddeleri odun yapısı ve türüne bağlı olarak inorganik ve organik reaksiyon ürünleri meydana getirerek, hücre çeperleri boyunca difüze olmaktadır [16].

1.2.2.4. Çözelti Formülasyonu

Emprenye maddesinin kompozisyonu da fiksasyon reaksiyonlarını etkilemektedir. Çözelti içerisinde bakır, krom ve arsenik oranlarının değişimi, bu elementlerin odun içerisinde birbirleriyle ve hücre çeperi bileşenleri ile olan reaksiyonlarını etkileyebilmektedir. Genel olarak, çözelti formülasyonunda artan As oranı ile daha fazla krom arsenatlar oluşmakta ve lignin ile hızlı kompleks oluşumu için HCrO_4 olarak daha az 6^+ değerlikli krom mevcut olmaktadır. Bununla birlikte, artan bakır miktarı ile CuCrO_4 olarak daha fazla 6^+ değerlikli krom bulunmaktadır.

Ayrıca artan arsenik seviyeleri iyon değişim reaksiyonları yolu ile oduna fiks olan bakır kısmını yavaşlatabilmekte veya azaltabilmekte ve bu durum çözelti pH'sının düşmesi ile oldukça sık görülmektedir. Genel olarak düşük krom içeren formülasyonlarda önemli arsenik yıkanmaları meydana gelebilmektedir. Bakır yıkanmasının çok düşük krom içeren formülasyonlarda artmasına rağmen, bakır fiksasyon üzerine krom miktarının etkisi ise daha az belirgindir [42].

Emprenye maddesi çözeltisi içerisinde bakır oranının azalması, fiksasyon oranını artırmakta ve genel olarak çözelti içerisinde bakır konsantrasyonunun azalması daha iyi fiksasyon sonuçları vermektedir. $+6$ değerlikli kromun ortamda varlığı, bakırın fiksasyonunu hızlandırabilmekte ve benzer bir etki de arseniğin varlığı ile söz konusu olabilmektedir. Bazı durumlarda arseniğin yüksek konsantrasyonları, bakırda olduğu gibi iyi sonuçlar vermektedir [41,43]. Yine bazı şartlarda, ortamda bakırın bulunması arseniğin fiksasyonunu azaltabilmekte ve bunun nedeni de muhtemelen bakır tarafından kromun tüketilmesi olmaktadır. Krom miktarı, bakır ve arseniğin yıkanmaya karşı direncinin belirlenmesinde en önemli faktördür. Krom olmaksızın bakır yıkanmaya karşı bir miktar dirençli iken ortama krom ilavesi ile bakır konsantrasyonunun herhangi bir seviyesinde, bakır fiksasyon oranı büyük ölçüde artmaktadır. Arsenik tek başına kolayca yıkanabilen bir element olduğundan, çözeltiliye krom ilavesi oldukça

önemlidir. Bakır veya arsenik konsantrasyonu çözelti içerisinde sabit bir seviyede iken, krom miktarındaki artışlar yıkanmaya karşı dirençleri artırmaktadır .Bununla birlikte, bu ilişki doğrusal olmayıp, artan krom miktarı, yıkanmaya karşı direnç üzerine gittikçe daha az etkili olmaktadır [44].

1.2.2.5 Retensiyon Miktarı

Suda çözünen emprenye maddelerinin yıkanması üzerine retensiyon miktarının etkisi pratik uygulamalarda daha büyük bir öneme sahiptir. Genel olarak yıkanabilir arsenik yüzdesinin artan retensiyon miktarı ile düştüğü belirlenmiştir. Bu etki, emprenye maddesi çözeltisinde bulunan krom miktarının artışına benzemektedir. Yüksek retensiyon seviyelerinde, hücre çeper bileşenlerine toplam kromun daha düşük bir kısmının adsorbe edilmesinden dolayı, arsenik ile reaksiyona girecek kromun miktarı artmaktadır. Ayrıca, yüksek retensiyon seviyeleri oduna daha fazla su iticilik özelliği kazandırmakta ve böylece yıkanan element miktarı da sınırlandırılmaktadır [16]. CCA ile emprenye edilen ağaç malzemede yapısal özelliklerin bozunması ile ilgili yapılan çalışmalarda, CCA' nın yüksek konsantrasyonlarda, odunun yıllık halkalarının yaz odunu tabakasında fikse olduğu saptanmıştır. Bilindiği gibi, yaz odunu tabakası ilkbahar odunu tabakasına karşılık daha yüksek bir özgül ağırlığa sahiptir. Bu tabakanın yüksek direnç özelliğinden dolayı, CCA ile işlemlerde, odun bileşikleri üzerine asit hidrolizinin etkisi aşırı bulunmamaktadır [43]. Bununla birlikte, ilkbahar odunu tabakası daha düşük özgül ağırlığa sahip olup, CCA emprenye maddesi konsantrasyonu da daha düşüktür. Asit hidrolizinin, odunun yaz ve ilkbahar odunu tabakalarındaki lignin ve holoselüloz fraksiyonları üzerinde etkisi farklı olmakta ve bu nedenle bu iki tabaka arasında zayıf bir zon oluşabilmektedir. Bu zon, iki tabaka arasında bir ara yüzey meydana getirebileceğinden, bu olayın sonunda ağaç malzemede bazı çatlaklar oluşabilmektedir.

1.3. CCA Emprenye Maddelerinin Yıkanma Mekanizması

Hizmet ömrünü tamamlamış CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin tekrar değerlendirilmesi aşamasında yıkanma mekanizmasının bilinmesi önemlidir. Yıkanma mekanizmasının tam olarak aydınlatılmasıyla atıl haldeki ağaç malzemelerden CCA uzaklaştırılarak, ağaç malzemelerin çevreye ve insanlara herhangi bir zarar vermeden tekrar kullanılmaları mümkün olacaktır.

CCA' nin yıkanmasına neden olan faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1. Emprenyenin ve fiksasyonun etkisi,
2. Ortam koşullarının etkisi
3. Odun örneği veya ağaç malzemenin boyutları,
4. Odun türü,
5. Ağaç malzemenin hizmette bulunma süresi,
6. pH, tuzluluk derecesi, sıcaklık.

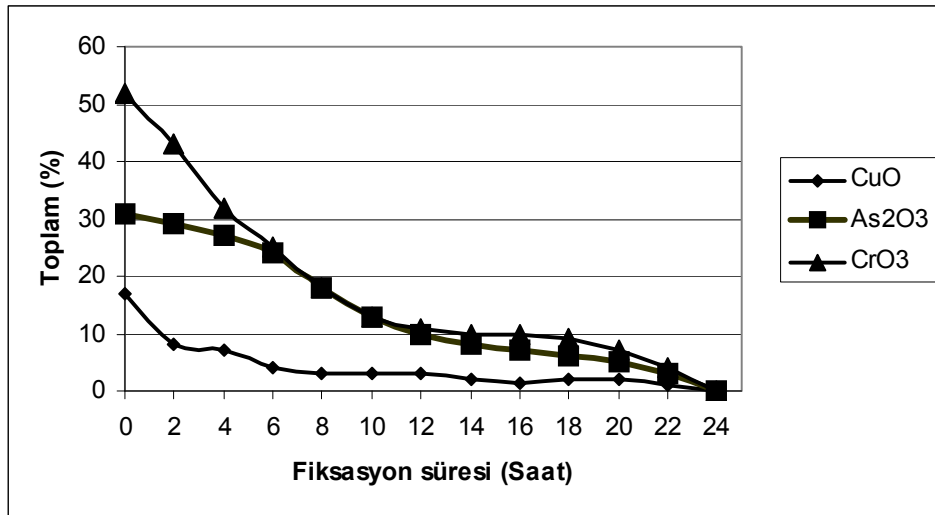
1.3.1 Emprenyenin ve Fiksasyonun Yıkanmaya Etkisi

Krom-bakır-arsenik (CCA) genellikle CrO_3 , CuO ve As_2O_5 bileşiklerinin değişik oranlarda karışımıdır. CCA'nın en yaygın olan üç tipi bulunmaktadır ve CCA-A tipi %65.5 CrO_3 ; %18.1 CuO ve %16.4 As_2O_5 ; CCA-B tipi %35.3 CrO_3 ; %19.6 CuO ve %45.1 As_2O_5 ; ve CCA-C tipi %47.5 CrO_3 ; %18.5 CuO , ve %34.0 As_2O_5 oranlarındadır [45]. Kullanılan formülasyona ve CCA tipine bağlı olarak bakır, krom ve arseniğin yıkanma miktarlarının değiştiği tespit edilmiştir [45]. Cserjesi yaptığı çalışmada, CCA-B tipi ve CCA-C tipi maddelerle emprenye ettiği odun örneklerini iki yıl boyunca dış ortamda bırakmış ve iki yılın sonunda CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklerden yıkanan bakır ve arsenik miktarının CCA-C tipiyle emprenye edilen örneklere göre 2 kat daha fazla olduğunu tespit etmiştir [46]. CCA emprenye maddeleri krom, bakır ve arsenik tuzları olarak da formüle edilebilmektedir, ancak bunun yıkanmaya karşı çok az bir etkisi olduğu belirtilmiştir [45]. Bununla birlikte, Rak and Clarke, bakır sülfat (CuSO_4) içeren CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklerde yıkanan CCA miktarının bakır oksit (CuO) içeren CCA emprenye maddesiyle emprenye edilen örneklere oranla çok daha fazla olduğunu bildirmiştir [47]. Emprenye işleminde uygulanan

basınç periyodunun süresi ve uygulanan son vakumun süresi de yıkanan CCA miktarını etkilemektedir [48].

Tel direkleri CCA ile basınçlı yöntemler ile emprenye edildikten sonra fiksasyon süreci başlar. Bu aşamada, oduna nüfuz eden bakır, krom ve arsenik kimyasal olarak bağlanır veya odunda sabitleşir (fiksasyon). Fiksasyonu etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan önemli olanları sıcaklık, ortamın bağıl nemi, odun türü ve kullanılan CCA'nın bileşimi olarak sıralanabilir [45]. Bunun yanında, odun örneklerini fiksasyon tamamlanmadan kurutulması fiksasyon sürecini engelleyebilir [45]. CCA'nın oduna fiksasyonu, odundan yıkanan CCA miktarını direk olarak etkilemektedir. Şekil 3'de CCA'nın yıkanması ve fiksasyon derecesi arasındaki ilişki verilmiştir.

Homan, ve arkadaşları oda sıcaklığında 14-38 gün süreyle fiksasyonu tamamlamış örnekler yıkanmaya maruz bırakıldığında, 124-2805 mg krom/m³, 56.7-67.5 mg bakır/m³ ve 2.82-27.6 mg arsenik/m³ yıkandığını tespit etmişlerdir. Odun örnekleri 30-35°C ve %75 bağıl neme sahip ortamda 91 saat süreyle fiksasyona tabii tutulduktan sonra yıkanmaya maruz bırakılmış ve 380-471 mg krom/m³, 78.3-91.5 mg bakır/m³ ve 2.46-2.60 mg arsenik/m³ yıkanmıştır. Odun örnekleri 72°C de buharla 100-120 dakika süreyle fiksasyona tabii tutulduktan sonra yıkanmaya maruz bırakılmış ve 5.49-11.4 mg krom/m³ 36.4-135 mg bakır/m³ ve 2.52-35.6 mg arsenik/m³ yıkanmıştır [49].



Şekil 3. CCA ile emprenye edilmiş ve 45°C'de fiksasyon işlemi tamamlamış odun örneklerinde meydana gelen yıkanma kayıpları [45].

1.3.2. Ortam Koşullarının Yıkanmaya Etkisi

Genel olarak, emprenyeli ağaç malzemelerde yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarı, yüksek yağış alan ve makul sıcaklıklara sahip olan yerlerde daha soğuk ve kuru bölgelere oranla daha fazla olmaktadır [45]. Bununla birlikte, devamlı yağış alan yerlerdeki örneklerdeki yıkanma miktarı, aynı miktarda fakat kısa ve yoğun yağış alan yerlere oranla çok daha fazladır [48]. Benzer şekilde, suyla veya suyla doymuş hale gelmiş toprakla temas halindeki emprenyeli ağaç malzemedeki yıkanma miktarı, periyodik olarak yağış alan ortamlarda maruz bırakılan ağaç malzemelere oranla çok daha fazla gerçekleşmektedir [45].

1.3.3 Ağaç Malzemenin Boyutları

Yapılan yıkanma çalışmaların çoğu küçük örnekler kullanılarak yapılmıştır. Bunun nedeni daha hızlı sonuç almak ve laboratuvar şartlarını kontrol altında tutmak içindir. Ancak laboratuvar sonuçlarını dış ortamdaki gerçek yıkanma oranlarına çevirmek olanaksızdır ve doğru bir tahmin yapmaya imkan vermemektedir [5].

Potansiyel yıkanma kayıpları ağaç malzemenin yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Yıkanmaya maruz kalan ağaç malzeme yüzeyi ve yıkanan CCA miktarı arasında direk bir ilişki vardır. Yıkanmaya maruz kalan yüzey arttıkça, yıkanan CCA miktarı da artmaktadır. Küçük odun örnekleri kullanıldığında, ıslanma oranı ve ağaç malzemenin direk yıkanma ortamına maruz kalan yüzeyi artarken, difüzyon mesafesi azalmaktadır. Difüzyon ve nüfuz etme katsayı teğet yüzeye göre lifler yönünde on üzeri bir kaç kat daha fazla olduğundan, yıkanma kayıpları oldukça fazla olmakta ve dış ortamın sonuçlarıyla mukayese edilmesi mantıklı değildir [5,10].

Ağaç malzemenin yüzeyinde potansiyel olarak yıkanması kolay olan CCA kalıntısı ve fikselenen CCA den dolayı, ağaç malzeme kullanım yerine yerleştirildikten kısa bir süre sonra yıkanma miktarı yüksek olmaktadır [45]. Bu periyottan sonra yıkanma yavaşlar ve elementlerin zamanla dengelenmesine kadar devam eder. Küçük boyutlu CCA ile emprenyeli odun örneklerinin yıkanmaya maruz bırakıldığında yıkanma miktarının ilk 6 saat içinde başlangıç miktarına göre en fazla olduğunu, 18 saat sonunda 1/5-1/10'unu yıkandığını ve 18 ile 24 saat arasında gerçekleşen yıkanma miktarı sadece 1/100'nün kadar olduğunu bulmuşlardır [45]. Teichman ve Monkman yaptıkları çalışmada benzer şekilde, CCA ile emprenye edilmiş akça

ağaç ve huş odun örnekleri yıkanmaya maruz bırakıldığında ilk üç gün içerisinde yıkanan arsenik miktarının başlangıç miktarına göre yaklaşık yarısının yıkandığını tespit etmişlerdir [50].

1.3.4. Odun Türü

CCA emprenye maddelerinin fiksasyonunu etkileyen faktörleri açıklarken belirtildiği üzere, odunun doğal kimyasal yapısı fiksasyonun kalitesini etkilemektedir. Yüksek hemiselüloz, düşük lignin oranlarına ve iğne yapraklı ağaç odunlarından farklı lignine sahip yapraklı ağaç odunlarındaki yıkanma miktarları genellikle, aynı şartlardaki iğne yapraklı ağaç malzemeye oranla daha fazla olmaktadır [5,10].

Yüksek yoğunluğa dolayısıyla düşük geçirgenliğe sahip türler yıkanmaya karşı daha fazla direnç göstermektedir. Bununla birlikte, düşük geçirgenliğe sahip odunlar CCA ile emprenye edildiğinde, CCA odunun yüzeyinde yoğunlaştığından, yıkanma ortamına direk olarak maruz kalmakta ve daha fazla yıkanma meydana gelmektedir [5,51].

Düşük pH seviyelerinde yıkanma miktarları odun türüne göre değişmektedir. Örneğin, jack çamındaki (*Pinus banksiana*) yıkanma miktarının, güney çamına (*Pinus teade*) ve Douglas göknarına göre daha fazla olduğu bildirilmiştir [5,52].

1.3.5 Ağaç Malzemenin Serviste Bulunma Süresi

Emprenyeli ağaç malzemelerin servise yerleştirildikten hemen sonra yıkanma miktarı en yüksek seviyededir. Bunun nedeni, tam olarak fikse olmayan ve yüzeyde kalan kimyasal maddelerin kolayca yıkanmasıdır. Ayrıca, yüzeydeki kimyasal maddesinin konsantrasyonunun o anda en yüksek seviyede olması da yıkanma miktarının yüksek olmasına neden olmaktadır. Yıkanma miktarı zamanla azalmaktadır. Genel olarak, diğer birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, yıkanma miktarı zamanın karekökü ile doğru orantılıdır [53,54,55].

1.3.6. pH, Tuzluluk Derecesi, Sıcaklık ve Organik ve İnorganik Bileşiklerin Yıkanmaya Etkisi

Fikse olan CCA bileşenlerinin çözünürlüğü, yıkanma suyu asitliğinin artması (pH' nın düşmesi) ile artmaktadır. Bununla birlikte, bu konuda halen tartışmalar sürmektedir. pH'nın 3

den daha az olduğu seviyelerde, odunun kendisi asit tarafından bozundurulur ve yüksek miktarda bakır, krom, arsenik kayıpları meydana gelir. Daha az asidik ortamlarda (pH 3.5 ila 6), yıkanma miktarı pH'ın düşmesi ile artmaktadır [5,38]. pH'ın 4.5 olduğu ortamda, bakırın tamamen yıkandığı bildirilmektedir. Özellikle sitrik asitin bakır ve kromla reaksiyona girerek onları suda çözünebilir kompleksler haline getirmekte ve tamamen yıkanmalarına neden olmaktadır [56]. Diğer yandan, pH'nın [5,57] çok yüksek olduğu alkali ortamlarda da yıkanma artmaktadır [5,58,59].

Tuzluluk derecesi de yıkanma miktarını etkilemektedir. Tuzluluk oranının % 2.4 den daha az olduğu durumlarda yıkanan bakır miktarı azalmaktadır. Bunun nedeni ise tuzla bakırın tepkimeye girerek suda çözünmeyen bakır kristalleri haline geçmesi olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte, tuzluluk derecesinin % 3.2 den daha fazla olduğu ortamlarda yıkanma miktarı artmaktadır [35].

Sıcaklık yıkanmayı artıran diğer bir faktördür. Özellikle düşük sıcaklıklarda yıkanma miktarı azalmaktadır. Yapılan çalışmalarda, 20°C de yapılan deneylerde yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının 4°C de yapılabileceğine göre daha fazla olduğu bulunmuştur [10,35].

Organik topraklarda yaygın olarak bulunan fülvik veya humik asitler gibi kompleks organik asitlerin yıkanmayı hızlandırdıkları düşünülmektedir [25,38]. Yapılan bir çalışmada, CCA ile emprenye edilmiş jack çam (*Pinus banksiana*) odun örnekleri tarım toprağına ve organik maddece zengin kompost üzerine yerleştirilmiş ve organik maddece zengin kompost üzerindeki örneklerden yıkanan CCA miktarı tarım toprağındakilere göre iki kat daha fazla gerçekleşmiştir. Yıkanan bakır miktarı arseniğe oranla çok fazla olurken, çok az miktarda krom yıkanmıştır [60]. Diğer yandan, formik asit, laktik asit ve asetik asidin de yıkanmayı etkileyeceği bildirilmiştir [45]. Evans CCA ile empreyenli odun örneklerini laktik ve asetik asitçe zengin ortamda yıkanmaya maruz bırakmış ve iki yılın sonunda kromun %50-60'ının bakırın %20-50'sinin ve arseniğin %75-80'nin yıkandığını tespit etmiştir [61]. Laboratuvar testlerinde yıkanma suyuna asetik asit ilavesinin yıkanma miktarını önemli miktarda artırdığı bildirilmiştir [62]. Metal komplekslerin çözünürlüğü ve dolayısıyla hareketliliği (mobility) pH'ın düşmesiyle artmakta ve bu kompleks metallerin daha kolay yıkanmasına neden olmaktadır. Genel olarak asidik koşullar altında (pH 3.5-6) pH'ın azalmasıyla yıkanma artmaktadır [45]. Kim ve Kim CCA ile emprenye edilmiş tsuga odunu örnekleri pH=3 olduğu ortamda yıkanmaya maruz bırakıldığında bakırın %16-25'i uzaklaştırılırken, pH=4 de bakırın sadece %1'i yıkanmıştır [63].

Murphy ve Dickinson benzer şekilde yaptıkları çalışmada, CCA ile emprenyeli çam odunu örnekleri pH 3 koşullarında yıkanmaya maruz bırakıldığında bakırın %40'ı yıkanırken, pH 5.6'da kayda değer yıkanma olmadığını saptamışlardır [64]. Her iki pH'da da herhangi bir krom yıkanması olmamıştır. pH'nın 3'ün altında olduğu durumlarda, odun kimyasal olarak degradasyona uğradığından yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarı çok fazla olmaktadır [45].

İnorganik bileşiklerin de CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının artmasına neden oldukları tespit edilmiştir. Plackett kalsiyum klorit, magnezyum nitrat veya 1:1 oranında dipotasyum hidrojen orto-fosfat ve potasyum di-hidrojen orto-fosfat içeren çözeltilerin iyonik dayanıklılığı artırmak suretiyle bakırın yıkanmasını yükselttiğini belirtmiştir [65]. Berghoim CCA ile emprenyeli odun yongalarını çözünabilir inorganik bileşikler içeren bataklık turba toprağında yıkanmaya maruz bırakıldığında yıkanan bakır miktarının önemli oranda arttığını saptamıştır [66]. Ayrıca, Teichman ve Monkman 0.1 N sodyum hidroksit gibi yüksek alkali (bazik) ortamlarda CCA ile emprenyeli odun örneklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının arttığını bildirmişlerdir [50].

1.3.7. CCA Yıkanma Araştırmaları

Kullanım yerlerindeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yıkanma araştırmalarını yapmak, başlangıçtaki orijinal CCA retensiyonları genellikle bilinmediğinden çok güçtür [35]. Bunun için, toprak altı ve üstünde kalan kısımdaki CCA retensiyonu kıyaslanarak bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak yoluna gidilmiş ve toprak altında kalan kısımda önemli ölçüde daha fazla yıkanmanın olduğu varsayımı kabul edilmiştir [35]. Bu varsayımdan yola çıkarak yapılan bir çalışmada, CCA ile emprenyeli direklerden alınan örneklerde arseniğin %11-21'nin yıkandığı saptanırken, bakır ve krom miktarlarında önemli bir kayıp bulunmamıştır [67]. 32 yıldır kullanımda olan düşük oranda arsenik içeren CCA-A tipi emprenye maddesiyle emprenye edilmiş güney çamı (*Pinus Spp.*) tel direklerinden toprak seviyesinden 110 cm yukarısından ve 20 cm aşağısından alınan örneklerde bakır, krom ve arsenik konsantrasyonlarında herhangi bir fark bulunamamıştır [68]. Bununla birlikte, killi topraklardaki arsenik konsantrasyonunun direğin toprak seviyesindeki ilk 5 cm'lik kısmındakinden 4 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir [68]. Bu bulguyla çelişmesiyle birlikte Suzuki ve Sonobe CCA ile emprenyeli tel direklerinden lifler yönünde kestikleri örnekleri toprağa yerleştirmişler ve 6 aylık periyotlarla 6 yıl süreyle

toprakta ve odun örneklerinde bakır krom ve arsenik konsantrasyonlarında hiçbir değişiklik olmadığını tespit etmişlerdir [69]. Diğer bir çalışmada, CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenye edilen 7 yıl boyunca açık alan testine bırakılmış ve toprak seviyesinin 20 cm aşağısından alınan örneklerde arseniğin %23-57'si yıkandığı bildirilmiştir [65]. Hedley 15 yıldır kullanımda olan direklerin toprak seviyesinin altından ve üstünden aldığı örneklerde yaptığı analiz sonucunda, toprak seviyesinin altından alınan örneklerdeki bakır ve arsenik konsantrasyonu toprak seviyesinin üstünden alınan örneklere oranla biraz daha az olduğunu tespit etmiştir [70]. Evans ve Edlund 20-43 yıl boyunca kullanımda olan CCA-B tipi emprenye maddesiyle emprenyeli iskoç çam (*Pinus sylvestris* L.) kazıklarındaki bakır kaybının %23, krom kaybının %19 ve arsenik kaybının %25 olduğunu bildirmişlerdir [72]. Jin ve arkadaşları 44 ay boyunca kullanımda olan CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenyeli güney çamı (*Pinus spp.*) kazıklarındaki bakır kaybının %20.5, krom kaybının %8.9 ve arsenik kaybının %21.5 olarak gerçekleştiğini saptamışlardır [72]. Cserjesi yaptığı çalışmada, CCA-C tipi emprenye maddesiyle emprenyeli odun örneklerinin yıkanma suyundaki bakır ve arsenik konsantrasyonunun hiçbir zaman 10 ppm'i geçmediğini, ilk 5 ayda en yüksek değerine ulaştığını ve ikinci yılın sonunda bakır ve arsenik konsantrasyonlarının ölçülemeyecek kadar az seviyede olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, krom konsantrasyonunun sabit olarak 1 ppm'in altında olduğunu tespit etmiştir [46].

Yeni bakır esaslı emprenye maddeleri

Son yıllarda pentaklorofenol, kromatlar ve arsenik içeren emprenye maddeleri gibi temel odun koruyucu maddeler hakkında son yıllarda sağlık ve çevre konularında artan endişeler, araştırmacıları yeni birden çok bakır içeren emprenye maddelerinin bulunması konusunda çalışmalar yapmaya sevk etmiştir.

Literatürde gelecekte kullanılma potansiyeline sahip bakır esaslı emprenye maddeleri aşağıdaki gibi rapor edilmiştir.

Amonyaklı bakır borat (ACB)
Amonyaklı bakır quat. (ACQ)
Amonyaklı bakır sitrat (CC)
Kupramin dimetil dithiokarbamat (CDDC)
Amonyaklı bakır azol.

Amonyaklı bakır borat (ACB)

Arseniğin doğaya ve insanlara karşı olumsuz etkilerinden dolayı, arseniğin bor ile değiştirilmesi fikri uzun yıllar öncesine dayanmakta ve büyük ilgi görmektedir. 1940 yılında Gordon, amonyaklı çinko borat emprenye maddesi için patent almıştır. Bunu takiben, Faber, 1951 yılında amonyaklı bakır borat için patent almıştır.

Suggit (1954) odundaki bakır boratın amonyağın buharlaşmasıyla oduna fikse olduğunu ve muhtemelen bu bileşiğin formülasyonunun $2\text{CuO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ve bakır ile bor oranının (Cu/B) 5.9/1 olduğunu rapor etmiştir. Bu kompleks bileşiğin sudaki çözünürlüğü oldukça düşüktür (4.8ppm oda sıcaklığında). Ayrıca bu kompleksin 50°C’ de CuO olarak ayrıştığı da tespit edilmiştir.

Borlu bileşikler mükemmel bir fungusit ve odunu tahrip eden mantarlara karşı oldukça etkilidir (Williams and Hambergey,1987), Barness et al, 1989). Borlu bileşiklerin mantarlara karşı etkinlikleri; organizmaların metabolizma yapılarını etkileyen ve gelişimlerini sınırlandıran hidroksil-karboksil ve hidroksil gruplarıyla kararlı kompleksler oluşturmaya bağlanmaktadır (Lloyd et.al,1990). ACB emprenye maddesi mantarlara karşı oldukça etkili olduğu belirlenmiştir (Johnson and Gutzmer,1978; Johnson,1983). Aşırı derecede borun yıkanıp odundan uzaklaşmasına rağmen, toprakla temas halindeki ACB ile emprenyeli odun kazıklar 4 yıl sonra bile mantarlara karşı iyi bir performans göstermiştir. Bunun nedeninin ise odunda halen bakırın bulunmasına bağlanmaktadır (Gjovik and Gutzmer, 1987).

Asidik Bakır Kromat

Asidik bakır kromat (ACC) Avrupa’da ve Amerika’da 1920 yılından bu yana yaygın olarak kullanılmaktadır. Geçtiğimiz son 20-30 yılda, özellikle soğutma kulelerinin empreyensinde yaygın olarak kullanılmaktadır. ACC %31.8 bakır oksit ve %68.2 oranında krom oksit içermektedir. ACC ile emprenye edilmiş ağaç malzemeler, açık yeşilimsi kahverengini alır ve çok az fark edilebilen bir kokuya sahiptirler. Yapılan araştırmalarda ACC ile emprenye edilmiş kazık ve direkler mantar ve termit saldırılarına maruz bırakıldığında, ACC emprenye maddesinin kabul edilebilir kullanım süresi sağladığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, ACC ile emprenyeli ağaç malzemeler toprakla temas halindeki yerlerde kullanıldığında nadiren de olsa bakıra karşı toleranslı mantarlar tarafından kısa sürede tahrip edilerek, ağaç malzemelerin çürümmesine neden olabilir. ACC AWWA standartlarında birçok iğne ve yapraklı ağaçların gerek toprakla temas halinde gerekse toprak üstü yerlerdeki ağaç malzemelerin emprenyesi için kullanılabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, otoyol gibi kritik yapısal uygulamalarda, ACC’nin AWWA standardına göre uygulanması gerektiği belirtilmiş ve ACC’nin yapısal uygulamalarda kullanımı sınırlandırılmıştır. Emprenyesi güç olan beyaz meşe ve douglas gibi türlerin emprenyesinde yeterli nüfuz derinliği sağlanmayabilir. Bunun nedeni ACC’nin nispeten düşük sıcaklıklarda (38 ila 66 °C) kullanıma zorunluluğunun olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, ACC’nin yüksek oranda krom içermesi asidik bakırın neden olması muhtemel korozyon etkisini önlemesi açısından yararlıdır. ACC emprenye maddesi EPA tarafından henüz tescil edilmemiş olup ve bu emprenye maddesinin geleceği henüz belli değildir.

Bazik bakır kuat (ACQ)

ACQ emprenye maddesi son yıllarda CCA emprenye maddesine alternatif olarak geliştirilen formülasyonlardan birisidir. Son birkaç yıldır ticari olarak Amerikanın bir bölümünde ve dünyanın çeşitli ülkelerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde de Toktaş emprenye fabrikası tarafından park ve bahçe elemanlarının, piknik masalarının ve çocuk oyun alanlarının emprenyesinde kullanılmaktadır. ACQ emprenye maddesinde aktif bileşen olarak %67 oranında bakır oksit ve kuat olarak isimlendirilen quaternary amonyum bileşikleri bulunmaktadır. ACQ’nun bir çok değişik çeşidi standardize edilmiş veya standartlaştırma işlemleri hala devam etmektedir. ACQ’unun B tipi (ACQ-B) formülasyonu amonyaklı bakır içerirken, D tipi (ACQ-D) amin bakır içermekte, C tipi (ACQ-C) ise her ikisinin karışımıdır (amin ve amonyaklı bakır). ACQ-B ile emprenye edilen ağaç malzemeler koyu yeşilimsi kahverengine sahiptir ve ağaç

malzemeler emprenye edildikten sonra kuruyuncaya kadar hafif amonyak kokusuna sahip olabilirler. ACQ-D ile emprenye edilen ağaç malzemeler açık kahverengi görünümünde ve azda olsa farkına varılabilen bir kokuya sahiptir. ACQ-C ile emprenye edilen ağaç malzemelerin görünümü ve diğer özellikleri kullanılan formülasyona da bağlı olardak ACQ-B veya ACQ-D ile emprenye edilen ağaç malzemelerinkine benzer özellikler kazanırlar. ACQ-C çok yeni bir emprenye maddesi olmasına rağmen, ACQ emprenye maddesiyle birçok değişik amaçlar için, emprenye edilebilecek ağaç malzemelerin ve ağaç türlerinin ayrıntılı bir listesi AWWA standardı tarafından belirlenmiştir. Toprakla temas halindeki ve toprak üstü amaçlı kullanılacak ACQ ile emprenyeli ağaç malzemelerin minimum retensiyon miktarları Tablo 1’de belirtilmiştir.

Birden fazla ACQ formülasyonu sayesinde değişik ağaç türlerinin ve farklı amaçlar için kullanılacak ağaç malzemelerin emprenyesinde kolaylık ve esneklik sağlar. Bir başka deyişle ACQ-B, ACQ-C ve ACQ-D formülasyonları sayesinde hem iğne yapraklı hemde yapraklı ağaç türlerinin emprenyesi mümkün olmakta ve aynı zamanda farklı amaçlar için kullanılan (toprakla temas halinde veya toprak üstü) ağaç malzemelerin emprenyesi uygun ACQ formülasyonu kullanılarak mümkün olmaktadır. Taşıyıcı olarak amonyak kullanıldığında, ACQ emprenye maddesi, emprenyesi güç olan türlerin emprenyesinde emprenye maddesinin nüfuz derinliğini artırmaktadır. Bununla birlikte güney çamı, sarı çam gibi emprenyesi kolay olan türlerin emprenyesinde amin taşıyıcı olarak kullanıldığında yüzeyde daha homojen bir görünüm sağlamaktadır.

Tablo 6: AWWA standartlarına göre bazı suda çözünen emprenye maddelerinin bileşimi

Formülasyonu	Bileşimi (%)							
	CuO	ZnO	As ₂ O ₅	DDAC ^a	Borik Asit	AZOLE ^b	SDDC ^c	Sitrik asit
ACZA	50.0	25.0	25.0					
ACQ-B,D	66.7			33.3				
CuAz	49 ^d				49	2		
CDDC	17-29 ^e						71-83	
CC	62.3							37.7

^aDiethylmetilammonyum

^bTebuconazol olarak

^cSodyum dimetildithikarbamate

^dElement olarak bakır yüzdesi

AZCA, ACQ ve CC gibi amonyak içeren emprenye maddelerinin fiksasyon mekanizmaları açıklayan çalışmalar CCA'nın fiksasyonu konusunda yapılan çalışmalara göre oldukça azdır. Bu formülasyonlardaki fiksasyonun temel dayanağı, odun substratıyla katyonların adsorbsiyon reaksiyonlarıyla ve amonyağın odundan buharlaşmasıyla çökmesi sayesinde cupriaamonyum iyonlarını fiske olur (Cooper 1991a; Hulme 1979; Jin and Archer 1991; Lebow 1992). AZCA fiksasyon çalışmaları ortaya koymuştur ki, bakırın büyük çoğunluğu, muhtemelen bakır karbonatlar, bakır oksitler veya bakır arsenat kompleksleri şeklinde odunda çökmesine rağmen amonyaklı bakır lignin ve ekstratiflerde bulunan fenolik gruplar tarafından kolayca adsoblanır (Lebow 1992). ACZA'deki çinko bakıra oranla daha az oranda odun bileşenleri tarafından adsoblanır ve çinkonun büyük bir bölümü amonyağın odundan buharlaşarak uzaklaşmasıyla çinko arsenat olarak çöker. Hem bakır hem de çinko çözeltide arsenik olmasına bağlı olmaksızın nispeten yıkanmaya karşı dirençlidir, çünkü amonyağın uzaklaşmasıyla çökelimin sudaki suda ki çözünürlüğü düşüktür. Arsenik fiksasyonun temel yöntemi, az miktardaki arseniğin bakırla çökebilir olmasına rağmen, arseniğin çözünmez çinko arsenat olarak çökmesi olarak açıklanır. Metallerin (bakır ve çinko) arseniğe oranı maksimum arsenik fiksasyonun elde edilmesinde çok önemlidir. Çünkü arsenik yıkanması metal oksidin arsenik pentaokside oranı 2'den daha az olduğu zaman önemli miktarda artmaktadır. Arsenik fiksasyonu çözeltideki çinkonun bakıra oranının artırılmasıyla daha da iyileştirilebilmektedir. Bakır adsorbsiyonunun amin içeren formülasyonlarda yavaşladığı gözlenmesine rağmen, ACQ ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerde bakırın fiksasyonu benzer mekanizmayla açıklanmaktadır. Ayrıca, çözeltideki didecyldimetilamnyum klorit bakırla odunda bulunan iyon değişim bölgeleri için yarışır ve oduna fiske olan bakır miktarını azaltabilir.

Amonyaklı Bakır Sitrat (CC)

Amonyaklı bakır sitrat son yıllarda geliştirilen emprenye maddesi olup, bakır oksidi insektisit ve fungusit olarak, sitrik asit ise odun yapısı içerisinde bakırın daha iyi ve homojen olarak dağılmasına yardımcı olmaktadır. CC ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin rengi açık yeşilden koyu kahverengine kadar değişmektedir. Ayrıca emprenye edilen ağaç malzemeler kuruyuncuya kadar hafif bir amonyak kokusuna sahip olabilirler. Yapılan araştırmalarda CC ile emprenyeli ağaç malzemelerin hem mantarlara hem de böceklerle karşı dirençli olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bakırın yanında başka bir fungusit formülasyonda yer almadığı için; özellikle toprakla temas halindeki ağaç malzemeler bakıra toleranslı mantarlar tarafından

çürütülebilir.

CC emprenye maddesi AWWA standartlarında toprakla temas halinde ve toprak üstü kullanım yerlerinde iğne yapraklı ağaç türlerinin emprenyesinde kullanılabileceğini bildirilmiştir. Bununla birlikte CC emprenye maddesi otoban konstrüksiyonlarında veya diğer yapısal olarak direnç özelliklerinin kritik önem arz ettiği kullanım alanlarında AWWA standartları tarafından uygun görülmemektedir. Diğer amonyak içeren emprenye maddeleri gibi, CC’de nüfuz kabiliyeti yüksek olduğundan emprenyesi güç olan Douglas, ladin gibi türlerin emprenyesinde kullanılmaktadır. CC emprenye maddesi şu ana kadar sınırlı bir kullanım alanına sahip olup, ticari olarak henüz çok fazla yaygınlaşmamıştır.

Bakır Azol

Bakır azol son yıllarda geliştirilen emprenye maddelerinden biri olup, formülasyonunda ana bileşik bakır amindir. Fakat genellikle yardımcı bir biosit formülasyona ilave edilmektedir. İlk geliştirilen bakır azol tip A (CBA-A) olup; %49 bakır, %49 borik asit ve %2 tebuconazole içermektedir. Daha yakın zamanda bakır azolün B tipi geliştirilmiştir. B tipi formülasyonunda ise borik asit içermemekte ve %96 bakır %4 tebuconazole içermektedir. Bakır azol tip A veya B ile emprenye edilen ağaç malzemeler yeşilimsi kahverenginde olup, çok az veya hiç koku olmamaktadır. Bakır azol emprenye maddesi de AWWA standartlarında iğne yapraklı ağaç türlerinin toprak temas halinde veya toprak üstü kullanım alanlarında kullanılan ağaç malzemelerin emprenyesinde kullanılması öngörülmüştür. Bakır azol aynı zamanda amine-amonyak çözücüsü ile de kullanılabilir. Amonyak, bakır azol ile emprenyesi güç olan türlerin emprenyesinde ilave edilerek emprenye maddesinin nüfuz derinliği artırılabilir. Amonyak ilavesi emprenye edilen ağaç malzemelerin görünümüne (renk, koku vs.) çok az etki yapmaktadır.

Bakır Dimetilditho-karbamat (CDDC)

Bakır Dimetilditho-karbamat ağaç malzemenin iki ayrı emprenye çözeltisiyle odun yapısı içerisinde bir reaksiyon sonucunda oluşan üründür. Bakır ve sülfür bileşenleri içermektedir. CDDC emprenye maddesi güney çamı ve bazı diğer çam türlerinin toprakla temas halindeki yerlerde minimum bakır konsantrasyonu 3.2 kg/m^3 (0.2 lbs/ft^3), toprak üstü amaçlar için minimum bakır retensiyon 1.6 kg/m^3 (0.1 lbs/ft^3) olacak şekilde yapılması AWWA tarafından belirtilmiştir. CDDC ile emprenyeli ağaç malzemeler açık kahverengi ve çok az yada kokusuzdur. Şu ana kadar CDDC ticari olarak kullanılmamıştır.

1.4. Tel Direklerinin Hazırlanması ve Emprenyesi

1.4.1. Tel Direklerinin Hazırlanması

Tel direklerinin hazırlanması ve emprenye maddeleriyle emprenye edilmesinin ana amacı mantar ve böceklerin direklerde bulunan çatlaklardan iç kısımlara girerek emprenye maddesinin nüfuz etmemiş kısımlarına ulaşmalarını önlemek ve bu sayede tel direklerinin hizmetteki kullanım sürelerini arttırmaktır. Bir emprenye maddesinin nüfuz derinliği uygulanan emprenye yöntemine, emprenye işlemine, ağaç türüne ve diri odunun öz odununa oranına bağlıdır. Tel direklerinin hazırlanması kullanım süresini büyük oranda etkilemektedir. ABD'deki Batı Odun Korumacılar Enstitüsünün (Western Wood Preservers Institute [WWPI]), tel direklerini kullanım yerlerinde denetleyip ve değerlendirdikten sonra sundukları raporda tel direklerinin kullanım ömürlerinin daha da artırabileceğini bildirmişlerdir. Daha doğrusu, emprenyeli tel direklerinin beklenen kullanım ömürlerinin genellikle 35-45 yıldan 50-75 yıla kadar arttırılabileceği ihtimalini ortaya koymuşlardır [73]. Bu iddianın daha çok son yıllarda ağaç tel direklerine karşı piyasaya sürülen odun-dışı tel direklerinin (beton, metal vb.) ortaya çıkmasından dolayı bu piyasadaki rekabetin kızışmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tel direklerinin hazırlanması aşaması kabuk soyma, kurutma, kondüsyonlama, delgileme (incising), kesme ve delme işlemleri gibi birkaç değişik adımı içermektedir [1,74].

Kabuk soyma: Emprenye maddelerinin ağaç malzeme içine nüfuz etmesini sağlamak için kabuk ve iç kabukla beraber kambiyum tabakasının da soyularak uzaklaştırılması gerekmektedir. Aynı zamanda kabuğun soyulması emprenye açısından önemli olan kuruma bakımından da gerekli olmaktadır. Kabuğun soyulmasıyla ağaç malzeme mantar ve böcek zararlarına uğramadan hızlı bir biçimde kurumaktadır. Soyma bakımından çeşitli usuller tatbik edilmektedir. El ile ya da kabuk soyma aletleriyle odunun soyulması en uygun ilkbaharda ve yaz başlangıcında olur. Çünkü bu zamanda kambiyum tabakası yumuşak bir haldedir. Kabuk soymada odunun tamamen beyazlatılması gerekir. Dış kabuk, iç kabuk, kambiyum ve son yıla ait dış odun tabakasının soyularak uzaklaştırılmasına beyazlatma denilir. Bazı hallerde odun üzerinde kabuğun şerit veya parçalar halinde bırakılması gerekmektedir [1,74,75].

Emprenye tesislerinde çeşitli kabuk soyma makineleri bulunmaktadır. Bunları 5 grup altında toplanabilir [1,74,75]:

1. Kesici bıçaklar yardımıyla kabuk soyma makineleri: Kesici döner bıçakları olan kabuk

soyan makinelerde kabuk bıçaklar yardımıyla kesilerek soyulmaktadır. Bu tip makineler sabit veya taşınabilir olmak üzere 2 tiptir,

2. Sürtünme etkisiyle kabuk soyan makineler:

- Tekneli kabuk soyma makineler,
- Silindirli kabuk soyma makineleri.

3. Silindir şeklinde olan kabuk soyan makineler,

4. Hidrolik kabuk soyma makineleri: Bu makinelerde yüksek basınçlı su yardımıyla kabuk soyulmaktadır:

- Halkalı hidrolik kabuk soyma makineleri,
- Buhar patlaması (Eksplasyon) etkisiyle kabuk soyma makineleri.

5- Kimyasal yöntemler yardımıyla kabuk soyma: Bu yöntemin prensibi vejetasyon periyodu başlangıcında canlı ve dikli ağaçlarda transpirasyon akımı içerisinde kambiyumu dolayısıyla ağacı öldüren kimyasal maddelerin sevk edilmesi olayıdır. Genel olarak kambisit adı verilen kimyasal maddelerin etkisiyle kambiyum tabakası öldürülmektedir. En fazla kullanılan maddelerden birisi sodyum arsenittir. Genellikle bunun %40'lık çözeltisi kullanılır. Bir diğeri kloro asetattır. Bu madde de suda %40'lık çözeltisi veya bulamaç halinde kullanılmaktadır. Bu madde ladinde oldukça etkilidir. Çam da ise etkisi oldukça azdır. Diğer türlerde etkisizdir. Sodyum arsenit ise her türde etkilidir. Kimyasal kabuk soymada normal kabuk soymaya nazaran zaman tasarrufu %40-50'dir. Kimyasal kabuk soymada dikili halde ölen ağaçların kurumması ve ağırlığının azalması dolayısıyla taşıma bakımından öneli avantajlar sağlamaktadır. Aynı zamanda ağaç kabuklu halde kuruduğu için çatlama olayı da azalmaktadır. Sodyum arsenit kullanılması durumunda kabuk böceklerine karşı koruyucu bir etki sağlamakta ve kitle halindeki böcek üremelerinin önüne geçilmektedir. Fakat sodyum arsenit aynı zamanda hayvanlar için güçlü bir zehirdir. Dikili ağaç gövdesinin bir kısmında çevresel olarak 10-20cm genişlikte bir kabuk şeriti soyulmak suretiyle diri odun kısmı açığa çıkarılır. Kabuktan temizlenen halka üzerine çözelti veya bulamaçlı haldeki kambisitler sürülür [1,74,75].

Buharlama: Buharlama yolu ile kurutma, ağaç malzemenin enine kesit büyüklüğüne bağlı olarak değişmekte ve 1-20 saat süreyle 105-118 °C sıcaklıktaki buhar kullanılmaktadır. Buharlama sonras 1-3 saat arasında 550 mm vakum süresince 1 m³ ağaç malzemenin 64-80 kg su çıkartabilmektedir. Buharlama ile kurutma en çok çamda ve Avrupa'da da ladinde uygulanmaktadır [1,13,74].

Bu yöntem, her ne kadar suda çözünen tuzlarla emprenye edilecek ağaç malzemedde kullanılırsa da kreozot ve organik çözücülü emprenye maddeleri ile işlem göreceğ ağaç malzemedde de uygulanmaktadır. Ancak, suda çözünen tuzlar kullanılmak istendiğinde, ağaç malzeme buharlamadan sonra, emprenye işleminden önce soğutulmalıdır. Aksi takdirde emprenye maddelerinde çökelme meydana gelecektir. Buharlama yöntemi en iyi şekilde iğne yapraklı ağaçlarda uygulanmakla beraber bu işlemde ağaç malzemenin direncinin azalması ve çarpılması söz konusu olmaktadır. Örneğin; sahil tipi Douglas göknarında buharlama yasaklanmıştır. Yapraklı ağaçlarda da iyi sonuç alınamamaktadır. Bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde ciddi direnç kayıplarını önlemek için buharlama sıcaklığı ve süresi sınırlandırılarak, buharlama sıcaklığı 120-127 °C arasında tutulmaktadır. Buharlama süresi ise başlangıç rutubetli, ağaç türü, malzeme kalınlığı, yoğunluğu ve buharlama sıcaklığı ile değişmektedir. Bazı tesislerde buharlama işlemi emprenye kazanında yapılmakta, bazı tesislerde ise buharlama ve emprenye kazanı ayrı olmakla, birinde buharlama yapılırken, diğerinde emprenye işlemi gerçekleştirilmektedir [1].

Yöntemin en önemli yararı, emprenye işleminde nüfuz derinliğinin artmasını sağlamasıdır. Her ne kadar tüm ağaç türlerinde nüfuz kabiliyetini artırmasa da buharlamanın kullanılması, başka bir şekilde emprenye edilemeyen bazı ağaç türleri için geçerli olmaktadır [1].

Kurutma: Taze haldeki ağaç malzemedde hücre boşluklarındaki serbest su emprenye maddelerinin alımını engellenmektedir. Bu bakımdan, emprenye yöntemlerinin çoğunda, emprenye işlemlerinden önce ağaç malzemenin kurutulması ve fazla suyun dışarı çıkartılması gerekmektedir. Ayrıca, kurutulmamış malzeme emprenye edildikten sonra çatlamaya daha fazla eğimli bulunmaktadır. Meydana gelen bu çatlaklardan ise mantarlar malzemenin emprenye maddelerinin nüfuz etmemiş olan iç kısımlarına kolaylıkla girebilmektedir. Bu nedenlerle emprenyeden önce ağaç malzemenin en azından LDN'nin altına kadar kurutulması gerekmektedir [1,74].

Emprenye endüstrisinde ağaç malzemenin kurutulması için, çoğunlukla açık havada, yani doğal kurutma yöntemi tercih edilmektedir. Açık havada kurutma emprenye fabrikalarının depolarında yapılmaktadır. Mantar enfeksiyonlarını önlemek ve malzemenin amaca uygun şekilde kurutulmasını sağlamak bakımından şu hususlara dikkat edilmedi;

1. Depolar rutubetli, sisli yerlerde kurulmamalı, düz yerlerde olmalı, su birikintisi bulunmamalıdır, depo yeri temiz ve ot olmamalıdır,

2. İstifler üzerinde dekovil, kamyon, istifleme araçları işleyen esas yollara paralel olarak kurulmalıdır,
3. Kurulacak istifler toprakla temas etmemelidir. İstiflerin toprak yüzeyinden yüksekliği en az 30-40 cm olmalıdır (en iyisi 50-60 cm'dir),
4. İstiflerin üstü örtülü olmalıdır
5. İstiflerin ön tarafı hakim rüzgarların geldiği yönde olmalıdır [74].

Buharla Kurutma: Bu kurutma metodu özellikle yapraklı ağaçlardan elde edilen normal hat ve köprü traverslerinde kullanılmaktadır. Az miktarda iğne yapraklı ağaçlarda da uygulanmaktadır. Kurutma, ağaç malzeme yüzeyinde 138-160 °C'de yüksek kaynama dereceli organik çözücülerin buharlarının yoğunlaşmasıyla uygulanmaktadır. Kondenzasyon meydana geldiğinde çözücünün ısısı yükselerek buharlaşmaktadır. Organik çözücülerle karışık haldeki su buharı, bir kondansatörden geçirilerek yoğunlaştırılmakta ve ayrıştırılarak su miktarı ölçülmektedir. Kurutma süresi ağaç malzemenin boyutlarına bağlı olarak 8-18 saat arasında değişmektedir. Bu yöntemle kurutulacak ağaç malzeme, genellikle kreozot veya organik çözücülü koruyucularla emprenye edilmekle beraber, suda çözünen tuzlarla da emprenye edilebilmektedir [1,74].

Açık Havada Kontrollü Kurutma: Her iki şekilde de ağaç malzeme, uzun kurutma odaları içerisinde hareket eden arabalar üzerine yerleştirilmekte ve oda içine boyuna yönde sıcak hava verilmektedir. Hava sıcaklıkları kontrol edilerek, ağaç malzeme kanalın soğuk ucundan sıcak ucuna doğru hareket ettirilmektedir. Kurutma zamanı birkaç günden iki haftaya kadar olabilmekte ve malzemenin kalınlığı veya boyutlarına bağlı olarak değişmektedir [1].

Bu yöntem özellikle çam direklerinde rutubeti, lif doyumluğu noktasına veya arzu edilen daha düşük derecelere kadar indirmek için kullanılmaktadır. Kurutma sonunda ağaç malzemede gerek yüzeysel, gerekse iç çatlaklar oluşabilmektedir. Özellikle traverslerde yüzeysel çatlakları önlemek üzere 5 mm kalınlığında kaplama levhalar liflere dik gelecek şekilde yüzeylere yapıştırılmaktadır. Ayrıca, uç çatlaklarının önlenmesi için rutubet önleyici boya veya parafin emülsiyonları sürülmektedir. Bazı hallerde de enine kesitlere şerit, 'S' veya halka şeklinde metal kısımlar çakılarak yarılmaya önlenmektedir [1].

Fırında Kurutma: Her türlü kereste veya tel direği kurutma fırınlarında havanın, malzemenin enine veya boyuna yönlerinde bir uçtan diğer uca hareket ettirilmesi ile kurutulmaktadır. Kurutma sıcaklıkları ve zamanı, malzemenin boyutlarına ve ağaç türüne göre

değişmektedir. Son yıllarda yabancı ülkelerde direklerin, kurutma fırınlarında kurutulması gelenek haline gelmiştir. 66-104 °C'deki kurutma sıcaklıkları ile bir haftadan az bir zamanda tel direklerinin rutubetini lif doygunluğuna veya daha az rutubet derecelerine indirmek mümkün olmaktadır [1].

1.4.2. Emprenyeden önce yapılan mekanik işlemler

Ağaç malzemede gerekli biçme, rendeleme ve burgu ile delik açma gibi her türlü mekanik işlemler emprenyeden önce yapılmalıdır. Zira emprenyeden sonra yapılan mekanik işlemler dışarıdan içeriye doğru emprenye edilmiş tabakanın kalınlığını azaltmakta veya meşe, çam, melez gibi ağaçlarda emprenye edilmemiş öz odun kısımlarının yüzeye çıkmasına neden olmaktadır. Buna karşılık, emprenyeden önce yapılan mekanik işlemler, yüzeye çıkan öz odun tabakasının belirli bir derinliğe kadar emprenye edilmesine imkân vermektedir [1,74].

Uygulanacak emprenye yöntemlerinin başarılı sonuç vermesi için gerekli olan mekanik işlemler aşağıda açıklanmıştır.

Boyutlandırma: Emprenye işleminden önce her türlü ağaç malzemenin son boyutlarına göre hazırlanmış olması gerekir. Çünkü, sonradan yapılacak kesme, delme gibi işlemlerle emprenye edilmeyen kısımlar açığa çıkarılarak, bitkisel ve hayvansal odun zararlılarının etkisine hazır hale getirilmiş olur [1,74].

Tornalama İşlemleri: Ağaç direklerde emprenye maddesi geçme derinliğini yükseltmek ve düzgün bir görünüm elde etmek amacıyla, kambiyum tabakasını da kapsayan ince bir kısım odunun, hidrolik veya pnömatik prensiplerle çalışan torna makinelerinde soyulması ve yuvarlatılması işlemidir [1,74].

Ağaç Direklerde Delgi (Incising) İşlemleri: Emprenye maddesinin nüfuzuna direnç gösteren ağaç türlerinde bu güçlüğü önlemek ve daha derin ve homojen bir emprenye sağlamak için emprenye edilecek ağaç malzemenin bütün yüzeyine veya çürüme tehlikesinin en fazla olduğu kısmına 12-20 mm derinlikte olmak üzere ufak yarıklar şeklinde delikler açılmaktadır. Bu yarıkların boyu genellikle liflere paralel yönde olup uzunluğu 6-19 mm, genişliği ise 3 mm dir. Tel direklerde çürümenin en fazla meydana geldiği toprak içi ve toprağa yakın 90-100 cm'lik kısımda delikler açılmaktadır. Söz konusu işlemler için özel makineler geliştirilmiştir. Açılan bu delikler genellikle liflerin yanlara itilmesi şeklinde, özel dişlerle açıldığından direklerin mekanik özelliklerine olumsuz bir etkileri olmamaktadır [1,13,74].

1.4.3 Tel Direklerinin Emprenyesi

1.4.3.1. Basınç Uygulayan Yöntemler

Basınç uygulayan yöntemler, ağaç malzemenin emprenyesinde en önemli ve başarılı endüstriyel yöntemlerdir. Bu yöntemleri uygulayan tesislerde, ağaç malzeme çelik bir kazan içersine yerleştirilmekte ve emprenye maddesi, yaklaşık 10 kp/cm²'lik hidrolik bir basınçla, 1-6 saat süre içersinde odun hücreleri içersine sevk edilmektedir [1].

Basınç uygulayan yöntemler içinde iki genel yöntem en fazla kullanılmaktadır. Bunlar dolu hücre ve boş hücre yöntemleridir. Ayrıca, dolu ve boş hücre yöntemleri kadar geniş kullanım alanı olmayan osilasyon, değişken basınç yöntemler ile Avustralya'da kullanılan çok yüksek basınçlı yöntemler de vardır [1,74].

1.4.3.1.1. Dolu Hücre Yöntemleri

1.4.3.1.1.1. Bethell Yöntemi

Bu yöntem, 1838 yılında John Belhell tarafından bulunmuştur. Hemen hemen geçen 150 yıl içinde mühendislik alanında ve teknolojiye büyük gelişmeler olmasına karşın, uygulamanın esas prensiplerinde bir değişme olmamıştır. Bu yöntemin prensibi ağaç malzemenin emprenye edilen kısmı içine alabileceği kadar fazla emprenye maddesinin verilmesidir. Böylece emprenye edilen kısımda hücre çeperlerinden başka bütün hücre boşluklarının içi emprenye maddesi ile doldurulur. Genellikle bu yöntemde suda çözünen tuzlar kullanılmaktadır. Tel direklerinin emprenyesinde kreozotla dolu hücre metodu kullanılmasına son verilmiştir. Çünkü kreozotla dolu olan odunsu hücrelerden bir süre sonra sızma olmakta ve kirli bir görünüm meydana gelmektedir. Bu durum işçiler için de büyük bir sağlık sorunu yaratmaktadır. Suda çözünen tuzlar kullanıldığında odun içine giren emprenye maddesinin suyu emprenyeden sonra buharlaşmakta ve hücre çeperinin yüzeyi ve içinde sadece emprenye tuzlarının kristalleri kalmaktadır. Bu yöntemin boş hücre yönteminden en önemli farkı; emprenye işleminin başlangıcında bir vakum uygulanılmasıdır. Burada amaç odun içindeki havanın dışarı çıkarılmasıdır [74].

Bethell yönteminde emprenye maddesi olarak hem kreozot hem de wolman tuzları Celcure, Tanalith,-U, Volmanit CB gibi suda çözünen tuzlar ve son yıllarda piyasaya sürülen arsenik

içermeyen suda çözünen tuzlar kullanılmaktadır.

Ön vakum işlemi: Ağaç malzemenin emprenye maddesini daha kolay bir şekilde alabilmesi için ön vakum yapılarak, odunsu hücreler içindeki hava dışarı alınmaktadır. Genellikle 635 mm'lik bir vakum kullanılmaktadır. Vakum süresi; ağaç malzemenin kalınlığı, ağaç türü ve özgül ağırlıkla ilgili olarak 15 dakika ile 1 saat arasında değişmektedir [1].

Emprenye maddesi verilmesi: Ön vakum muhafaza edilerek emprenye maddesi kazana sevk edilmekte ve kazan doldurulmadan vakum kaldırılamamaktadır. Çünkü kazan içersinde kalan hava veya emprenye eriyiğinden oluşan su buharı kazanın üstünde sıkışabilmektedir. Ayrıca, vakum kaldırıldıktan sonra emprenye maddesi sevki devam ettiğinde, buhar ağaç malzemenin boşalmış kısımlarına dolarak absorpsiyon miktarının azalmasına neden olmaktadır [1].

Basınç periyodu: Emprenye maddesi sevki sona erince vakum kaldırılarak basınç uygulamaya başlanmakta ve yavaş yavaş 10-14 kp/cm²'ye kadar yükseltilmektedir. Yeterli emprenye maddesi absorpsiyonu sağlanıncaya kadar ağaç malzeme belli bir süre bu basınçta tutulmaktadır. Basınç uygulama süresi, ağaç malzemenin kalınlığı ve emprenye edilebilme kabiliyeti dikkate alınarak 1-6 saat arasında olmakta, daha sonra basınç kaldırılmaktadır. Bu sırada ağaç malzeme odunsu hücreler içindeki basınçla bir miktar hava genişleyerek % 5-15 kadar emprenye maddesi kendiliğinden ağaç malzemedan dışarı verilmektedir [1].

Emprenye maddesinin kazandan dışarı alınması: Basınç uygulamasına son verildikten sonra emprenye maddesi kazandan, alttaki depolama kazanına alınmaktadır. Depolama kazanı altta olduğu için emprenye maddesi kendiliğinden, bu kazana geçmektedir [1].

Son vakum: Son olarak 635 mm'lik bir vakum yapılmakta ve 10-15 dakika süre ile vakum sabit tutulmaktadır. Amaç, kazandan çıkarılan ağaç malzemedan fazla emprenye maddesinin kendiliğinden dışarı sızmasını önlemektir [1].

1.4.3.1.2. Boş Hücre Yöntemleri

Fazla kreozot harcayan dolu hücre metodu ile yapılan uygulamanın maliyeti yüksek olduğundan, daha ekonomik, devamlı olarak yeter derecede koruma sağlayacak yöntemler araştırılması yoluna gidilmiş ve boş hücre yöntemleri bulunmuştur.

Bu yöntemde bir başlangıç vakum periyodu yoktur. Emprenye maddesinin odun içerisine girmeden önce odun içinde hava bulunmaktadır. Basınç kademesi sona erdiğinde odun içindeki

sıkıştırılmış hava nedeniyle ardından fazla miktarda emprenme maddesi dışarı atılır. Hücrelerin içi boştur. Fakat hücre çeperleri emprenye edilmiştir. Yöntemin amacı kreozot miktarı ile emprenye masrafını azaltmak ve buna karşılık yeterli nüfuz sağlamaktır. Yöntem özellikle, kreozot ve ağır petrol yağında çözünmüş olan PCP ye mahsustur. Suda çözünmüş tuzlar nadiren kullanılır [74].

Son kademedeki uygulanan vakum ise hücre boşlukları içindeki fazla emprenye maddesinin emilerek dışarı alınmasını sağlar. Bu yöntemle traversler, tel direkleri, çit direkleri, kereste ve diğer ağaç konstrüksiyon malzemesi emprenye edilir.

Boş hücre yöntemlerinden en önemlileri Rüping yöntemi ile Lowry yöntemidir. Hem Rüping, hem de Lowry yöntemlerinde uygulama, ön vakum işlemi dışında, dolu hücre yöntemine benzemektedir.

1.4.3.1.2.1 Rüping Yöntemi

Bir boş hücre yöntemi olup, 1902 yılında Alman mühendis Max Rüping tarafından bulunmuştur. Bu yöntemle daha önce açıklanan Bethell yönteminden daha ekonomik yani daha az miktarda kreozot kullanımı sağlanmaktadır. Varılan sonuç, ağaç malzeme emprenye endüstrisinin gelişmesinde büyük rol oynamıştır. Yönteme, ekonomik emprenye yöntemi adı da verilmektedir. Kreozotla emprenyede, en fazla tercih edilen bir yöntem olarak yıllardan beri kullanılmaktadır [1,13,74].

Ön hava basıncı: Hava kurusu haldeki ağaç malzeme kazana yerleştirildikten sonra, yaklaşık 4 kp/cm²'lik bir basınç uygulanarak kazandaki hava sıkıştırılmakta, böylece ağaç malzeme hücrelerindeki hava da sıkıştırılmış olmaktadır. Kullanılan basınç miktarı, odunun permeabilitesi ve absorbe edilecek emprenye maddesi miktarı ile ilgili olarak değişebilmektedir. Genel olarak bu metodda basınç artırıldıkça ağaç malzemeyi emprenye etmek kolaylaşmakta, ayrıca emprenye maddesi miktarı absorpsiyonu azalmaktadır. Böylece büyük çapta emprenye maddesi, ağaç malzemedan geri atılmaktadır. En başarılı sonuçlar kurutulmuş ağaç malzemedan elde edilmekte, taze haldeki ağaç malzeme kullanılacaksa daha önceden buharlama, buharla kurutma veya Boultonize işlemlerinin yapılması gerekmektedir [1].

Emprenye maddesi sevki: Bu safhada uygulanan hava basıncı korunarak odunsu hücrelerin içinde sıkıştırılmış hava bulunması sağlanmaktadır. Pratikte, emprenye maddesi kazanın altından basınçla verilmektedir. Bu arada basıncın sabit kalmasını temin etmek üzere üst

tarafında bulunan ventillerden belli bir hızla havanın çıkmasına izin verilmektedir. İşlem süresince kazandaki kreozot 65-100 °Cye kadar ısıtılmakta, ilk hava basıncı ve kreozot verilmesi 30 dakika sürmektedir [1].

Basınç periyodu: Kazan kreozotla tamamen doldurulduktan ve gerekli sıcaklık derecesine ulaştıktan sonra, kazandaki basınç yavaş yavaş 10-14 kp/cm² ye kadar çıkartılmaktadır. Uygulanan basınç ağaç türü ile değişmektedir. Güç emprenye edilen ağaçlardan özellikle bazı iğne yapraklı ağaçlar (*Abies lasiocarpa*) ile bazı düşük yoğunluktaki yapraklı ağaçlar (*Fagus grandifoliayda*) uygulanacak yüksek basınçlar ve yüksek sıcaklıktaki kreozot kollapsa neden olmaktadır. Bu gibi ağaç malzemedeki yüksek sıcaklık ve düşük basınç uygulanması gerekmektedir [1].

Bu aşamada yapılan hidrolik basınçlar, emprenye maddesinin odun içersine girmesini sağlamakta ve hücrelerdeki havayı daha da sıkıştırmaktadır. Gerekli absorpsiyon sağlanıncaya kadar kazandaki basınç sabit tutulmaktadır. Basıncın kaldırılması ile hücrelerdeki hava hızla genişlemekte ve malzeme içine girmiş olan emprenye maddesinin büyük bir kısmı dışarı atılmaktadır.

Dolu hücre yöntemi ile karşılaştırıldığında en belirgin fark; boş hücre yönteminde vakum uygulamadan geri atma işleminin söz konusu olmasıdır. Bazen absorbe edilen emprenye maddesinin % 60'a kadar olan miktarı dışarı atılmaktadır [1].

Emprenye maddesinin dışarı alınması: Basınç serbest bırakıldıktan sonra kazandaki tüm emprenye maddesi, depolama tanklarına geri alınmaktadır.

Son vakum: Bu aşamada, fazla miktardaki emprenye maddesinin tekrar kazanılması söz konusudur. Böylece kazandan çıkarıldıktan sonra ağaç malzemedeki kreozot akmamakta ve yüzeyler temiz kalmaktadır [1].

1.4.3.1.2.2. Besi Suyu Çıkarma Yöntemi

Bu yöntem 1838 yılında Fransız Dr. Auguste Boucherie tarafından bulunmuştur. Yöntemin esası, yeni kesilmiş taze haldeki, kabuğu soyulmamış ağaç gövdelerinde besi suyunun, emprenye maddesi ile yer değiştirmesi esasına dayanmaktadır. Başlangıçta yöntem, dikili halde veya yeni kesilmiş ağaçlarda kabuklu, dallan ve yaprakları üzerinde olan gövdelere bir kap içersindeki emprenye çözeltisinin bağlanması ile gerçekleştirilmiştir. Yapraklardan su buharlaştıkça emprenye maddesinin diri oduna çekilmesi, yani besi suyu ile emprenye maddesinin yer

değiştirmesi sağlanmıştır. Ancak, sonraları yöntem daha da geliştirilerek kesimden sonra en geç iki hafta içinde kabuğu soyulmamış direklere uygulanmaya başlanmıştır [1].

Geliştirilmiş Boucherie metoduna göre; taze haldeki, kabukları soyulmamış tel direkleri hafif meyilli destekler üzerine 30 cm aralıktaki kalın uç yukarda, ince uç aşağıda olacak şekilde yerleştirilmekte ve kalın uçlarına kapsüller takılmaktadır. Kapsüller bir boru yardımı ile 10 m yüksekliğindeki 1500 litre hacmindeki emprenye maddesi deposuna bağlanmakta ve kapsüllerdeki basınç 1.5 kp/cm²'ye kadar ulaşmaktadır. Toprak içindeki depodan zlti bir pompa ile yukarıdaki depoya basılmakta ve genellikle bu yöntemde % 1.5' luk bakır sülfat zltisi kullanılmaktadır. Ağaç türüne göre değişmekle beraber, birkaç gün içersinde (8-14 gün) mavi renkli emprenye maddesi, tel direğin ince ucundan akmaya başlamakta ve tüm diri odun emprenye edilmektedir. Emprenye zltisi günde ortalama 1.5 m'lik bir hızla direk içersinde ilerlemektedir. Uygulama sona erdikten sonra, direkler 5-8 gün kabuklu olarak bırakılmakta, daha sonra kabukları soyularak korumaya terk edilmektedir. Yöntem Avrupa'da ve değişik şekilleri ile Japonya, Hindistan, Tanzanya, Uganda'da hal kullanılmaktadır. Bakır sülfat kolay yıkandığı ve demire etki ettiği için son zamanlarda modern suda znen tuzların kullanılması ve bunların, odunda kimyasal reaksiyonlarla znmez hale gelmeleri ile yöntem tekrar önem kazanmıştır [1].

1.4.3.1.3. Yerinde Bakım Yöntemleri

Açık havada kullanılan ağaç malzemenin bazı kısımları, diğer kısımlarına göre daha fazla tahrip edilmekte veya böyle yerlerde emprenye maddelerinin koruyucu etkileri daha kısa zamanda kaybolmaktadır. Örneğin; açık hava etkisi altında bulunan bütün enine kesitler veya odun içine doğru giren kesitler, tehlikeli kısımlardır. Buralarda rrme riski yüksektir. Çünkü bu kısımlarda rutubet, liflere paralel yönde, liflere dik yöne göre daha hızlı ilerlemekte, böylece oduna zarar veren organizmalar için uygun yaşama şartları meydana gelmektedir. Ağaç malzemenin devamlı veya bir süre rutubetle karşı karşıya kalan kısımları tehlikeli (rrme riski yüksek) kısımlar olarak kabul edilmektedir. Örneğin; telekomünikasyon ve elektrik direklerinin tepe kısmı, alt tarafta toprak yüzeyine yakın kısımları, iki tel direğini birleştiren yatık bağlamanın her iki direk ile oluşturduğu aı, ağaç köprü ayakları ve yapılarıdaki kiriş başları özellikle tehlikeli olan ve çabuk rryen kısımlardır [74].

Tehlikeli kısımların korunmasında, bu kısımların etrafına veya içersine konsantre halde

emprenye tuzları tatbik edilerek, tuzların zaman içinde difüzyon yolu ile malzemeye nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Ancak, difüzyon için yeterli rutubet gereklidir. Bu esastan hareketle ağaç malzemeyi korumayı hedefleyen yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Bandaj Yöntemi: Difüzyon esaslı olan bandaj yöntemi emprenye teknolojisinde önemli bir rol oynamaktadır. İlk defa Almanya’da 1928’de kullanılmıştır. 1938’de yöntem olarak uygulamaya geçilmiştir. Bu yöntemde ağaç malzemedeki mantarlar tarafından kolay çürütülebilen tehlikeli kısımların korunması için; telefon, telgraf ve elektrik direklerinin alt kısımlarına bandaj tatbik edilmektedir. Bilindiği gibi direklerde toprak yüzeyinden 30 cm yukarıdan ve 30 cm aşağıda bulunan 60 cm lik kısım tehlikeli kısımdır. Bandaj yöntemi hem yeni hem de eski direklere uygulanabilir. Özellikle tel direklerinin dikili halde iken dayanma sürelerinin uzatılmasında kullanılmaktadır. Böylece tel direğin toprak seviyesinden 50-60 cm derinlikte çepeçevre bir çukur açılmakta, direkte bulunan çürüklükler ve toprak temizlendikten sonra bulamaç haldeki emprenye maddesini içeren 50-60 cm genişlikte ve uzunlukları direk çapı ile ilgili olarak değişen hazır bandajlar bu kısma sarılmaktadır. Hazır bandajların iç kısmında bulamaç şeklinde emprenye maddesi, dış kısımda bitümlü bir örtü kısmı bulunmakta ve tehlikeli kısımlara sarılmaktadır [74].

İç yüzeyden ağaç direğin rutubeti ile ıslanan bulamaç şeklindeki emprenye maddesi, difüzyon yolu ile odun içersine yayılmakta, ancak dıştaki sıcağa ve soğuğa dayanıklı bitümlü maddeler emprenye maddesinin yıkanmasını engellemektedir. 5 yılda bir yenilendiğinde, bu yöntemle tel direklerin çok uzun süre dayanması sağlanmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımda olan tel direkleri beklenenden çok daha kısıda çürümesi ve atıl hale gelmesine rağmen bandajların tel direklerine uygulanması sırasında işçilerin ve o bölgede yaşayan insanların zehirlenmelerinden dolayı bandaj yöntemi uygulanmamaktadır [74].

Wolman Bandajı: Geniş yüzeyi bandajın ilk şeklidir. Bandajın en dışında hava ve su geçirmeyen Tegula dokusu, bunun altında dış mekanik etkilere karşı koruyucu olan çelik tel kafes, daha altta su geçirmeyen bir doku, bunun altında Wolman tuzu (wolmanit= alkali bikromatlı veya alkali bikromatsız HF maddesinden oluşur) ile doldurulmuş bir aralık ve en altta da emprenye tuzları çözeltisini geçiren bir tabaka bulunmaktadır [1].

Sargı Bandajı: 15 cm genişlikte ve birkaç m. uzunlukta katranlı çatı mukavvası veya bitümlü bir dokudan yapılmış olan bantlardır. Ayrıca kenevirle dokunmuş veya bitüm ile su

geçirmez hale getirilmiş bantlar da kullanılabilir. Tehlikeli kısım yüzeyi temizlenir. Üzerine emprenye bulamacı sürülür ve üzeri bandajla sarılır. Kullanılan emprenye maddesi % 50 kreozot + %50 NaCl'dir [1].

Geniş Yüzeyli Bandajlar: 60 cm. genişliğindedir. Uzunluğu direk çapına göre değişir. İç tarafta geçirgen bir tabaka, dış tarafta ise geçirgen olmayan bir tabaka bulunur. Bu tabakalar arasında suda çözünen emprenye tuzları ve emprenye bulamacı bulunur. Emprenye maddesi olarak NaF, NaCl içeren tuzlar kullanılır. Bunlar kendiliğinden direğe yapışmaktadır. Günümüzde arsenik içermeyen Florlu emprenye tuzları kullanılmaktadır. Bandajlar 4 yılda değiştirilmektedir. Ladinde 4 cm. ye kadar nüfuz sağlanmıştır [1].

Boyun Bandajları: Birbirine çakılmış bulunan iki tel direği birleştiren yatık bir bağlantının direklerle temas ettiği kısımlar, tehlikeli kısımlar olduğundan buralarda boyun bandajları kullanılır. Ortalama dayanma süresi 21 yıl olan Ruping yöntemi ile emprenye edilmiş bir direğin emprenye süresi 20. ve 30. yıllardaki bandaj takviyesi ile 40 yıla yükseltilmektedir [1].

Tepe Koruma Yöntemi: Direğin ince ucu tehlikeli bir kısım oluşturmaktadır. Bu kısımlarda kolayca çürüklük meydana gelebilir. Bunun için kenevirden dokunmuş ve dikilmiş bir yastık içinde suda çözünen emprenye tuzları tel direğin ince ucunun enine kesiti üzerine yerleştirilir. Bunun üzerine de üzeri delikli bir sac levhadan yapılmış bir başlık takılarak direk yastık arasında emprenye maddesi tutturulur. Bu şekilde koruma yönteminde geliştirilen yeni tiplerde alt tarafta geçirgen bir yastık içinde tuz karışımı ihtiva eden bir emprenye maddesi bulunur. Yastık üzerine ise delikli bir plastik tabaka katlanmıştır [13].

Kobra Metodu: Bu metod telefon telgraf ve elektrik direklerinde çürüme tehlikesinin en fazla olduğu toprak yüzeyine yakın kısımlarında olmak üzere 1- 1,5 m. uzunluğundaki kısımlarda tatbik edilmektedir. Bu amaçla özel bir alet de geliştirilmiştir. Aletteki kızak tertibatında bulunan manivela kolunun aşağıya indirilmesiyle ağaç malzemede uç tarafı yassı olan bir iğne yardımıyla 4-8 cm uzunluğunda yarıklı biçiminde bir delik açılmaktadır. Kolun yukarı kaldırılmasıyla da iğne içindeki boşluktan açılan delikler içine 3-5 cm³ miktarındaki emprenye maddesi sevk edilmektedir. İğne delikten çıktıktan sonra ağzı liflerin esnekliği nedeniyle tekrar kapamaktadır. 100 cm. genişliğindeki bir kısımda çevresel olarak 150- 200 kadar delik açılır. Çoğunlukla emprenye bulamacı kullanılır. Yöntem taze direklerde takviye amacı ile ise eski direklerde kullanılmaktadır. Çoğunlukla NaF ve Dinitrofenol içeren bir madde kullanıldığı gibi bazen bunlara arsenik fenoller de katılır. Fakat yöntem zaman alıcıdır [1,74].

Dikili haldeki ağaç direklerde yapılmış olan ilk emprenye işlemi zamanla etkisini kaybetmektedir. Bu durumda çürüme riskinin yüksek olduğu kısımlarında tel direklerine bulamaç halinde emprenye tuzlarının bandaj şeklinde uygulanmasından başka, diğer bir yöntem olarak kobra metodu kullanılabilir. Kobra metodundaki emprenye maddesi de bulamaç halde olup, genellikle;

% 54 sodyum fluorür,

% 22 dinitrofenol,

% 21 anhidrid arsenik pentoksit,

% 3 katkı maddeleri, içermektedir [1].

Bu yöntem genellikle toprak hattında başlangıç çürüklüğü görülen dikili direklerde kullanılmaktadır. Kobra yöntemi uygulanan direklerin ömrü 15-20 yıl daha uzatılabilir. Esas itibarıyla uygulama, vakum-basınç metotları ile emprenye edilen direkler dikildikten 10 sene sonra başlamakta ve her 4-5 yılda bir tekrarlanması tavsiye edilmektedir [1].

Ülkemizde kobra metodu uygulamasında "Wolmanit B-karışım" kullanılmaktadır. Sodyum fluorür, dinitrofenol ve sodyum dikromat içeren kuru tuz haldeki bu emprenye maddesi, 1:1 oranında su ile karıştırılarak emprenye bulamacı hazırlanmaktadır. Zehirlilik sınıfı 2 olan Wolmanit B-karışım orijinal ambalajında rutubetten korunmalı, gıda ve yem maddelerinden uzak bir yerde depolanmalıdır [1].

Oyma delik metodu: Ağaç malzemede belirli aralıklarla liflere dik veya meyilli olarak burgu ile açılan delikler içine toz, sıvı veya bulamaç şeklinde emprenye maddesi tuzları veya çubuk şeklinde emprenye maddesi konsantresi doldurulur. Deliklerin çapı 1,5–2,5 cm, uzunluğu ise malzeme kalınlığının $\frac{3}{4}$ ü kadardır. Deliklerin ağzı ağaç mantar veya mantar tıpa ile kapatılır. Sıkıştırılmış emprenye tuzu çubukları 10-12 mm çapında, 8-10 cm uzunluktadır. Bu yöntem genellikle köprülerde, su inşaatı ve yapılarda çürüme tehlikesi olan kısımlarda ve özellikle dışarıya doğru çıkıntılı olan giriş başları ve yuvarlak direklerin korunması için kullanılır. Uygulama sırasında ağaç malzeme rutubeti $r > \%20$ olmalıdır. Emprenye maddelerinin yayılmasında yağmur sularının rolü büyüktür. Ayrıca bu yöntem traverslerin takviyesinde, tel ve çiti direklerinde bulunan özellikle toprağa yakın kısımlarda ve soğutma depolarının kulelerindeki taşıyıcı kısımlarda uygulanır [1].

Bu yöntem, çürüme riskinin yüksek olduğu yerlerde kullanılan ağaç malzemede uygulanmaktadır. Örneğin; köprülerde ve su içi inşaatlarda kullanılan, özellikle enine kesitle son

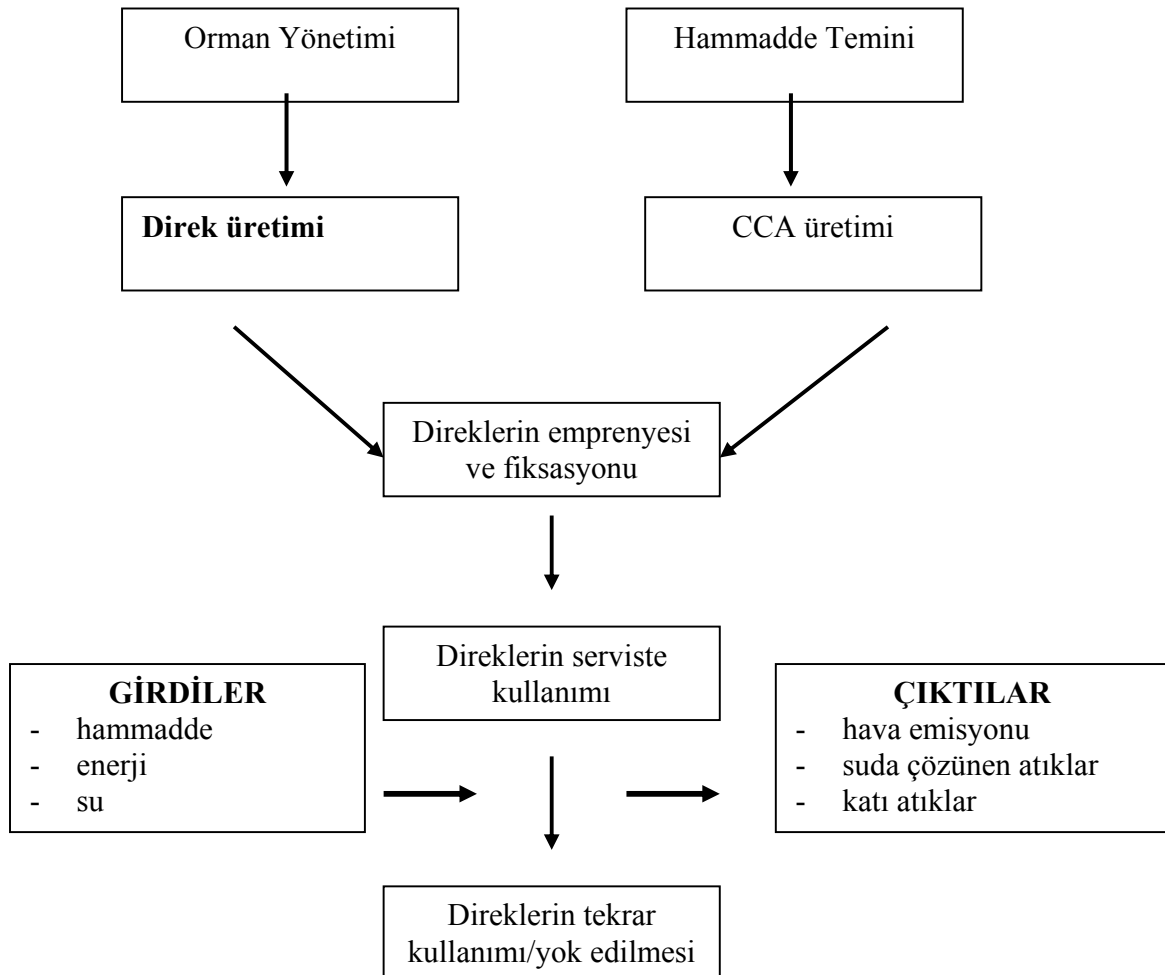
bulan, dışarı doğru çıkıntılı giriş başlan veya yuvarlak ağaç direklerin korunmasında kullanılmaktadır [1].

Emprenye maddesinin yayılması, malzemenin rutubeti ve yağmur sularının yardımı ile oluşan bir difüzyon olayıdır. Emprenye maddesi kuru tuz halinde veya sıkıştırılmış çubuk halinde kullanılırsa, ağaç malzeme içersindeki rutubetin % 20'nin üzerinde olması gerekmektedir. Malzeme içersinde koruyucu tuzların yayılması esas itibariyle liflere paralel yönde olup, liflere dik yönde yayılma çok az olmaktadır. Bir elips şeklinde olan yayılmanın uzunluğu, liflere dik yönde 30-40 cm, liflere paralel yönde ise 4 cm dir. Yeterli bir koruma sağlayabilmek için, deliklerin uygun aralıklarla açılması gerekmektedir [1].

Bu yöntem; emprenye edilmiş eski tel direklerin ve çit direklerinin toprak yüzeyine yakın tehlikeli kısımlarında, traverslerde, ağaçtan yapılmış su soğutma kulelerinin taşıyıcı kısımlarında da uygulanmaktadır. Ancak, ince çaplı malzemede sık açılan deliklerin, direnç özelliklerini azaltıcı etkisi daima göz önünde bulundurulmalıdır.

1.5. CCA İle Emprenyeli ve Emprenyesiz Ağaç Malzemelerin Hayat Çemberi

CCA ile emprenyeli ağaç malzemenin üretimi, kullanımı ve kullanım süresini tamamlayıp atıl hale gelinceye kadar gecen aşamaların incelenmesiyle CCA'lı ağaç malzemelerin hayat-çemberi analizi test edilmektedir. Bununla birlikte, odun ve emprenye edilmiş odunlarla ilişkili çevresel etkilerin çok geniş olması nedeniyle, geniş kapsamlı hayat-çemberi analizi yapmak için gereken çalışma miktarı çok fazladır. Bu nedenle, hayat-çemberini oluşturan aşamaların bölünerek tek tek incelenmesi gerekmektedir. CCA ile emprenye edilmiş tel ve telefon direklerinin üretimi için gerekli olan kaba materyal-akış diyagramı Şekil 4'de verilmektedir [76].



Şekil 4. CCA ile emprenye edilmiş tel direklerinin hayat-çemberi

A) Orman Yönetimi

Hayat-çemberinin bu aşaması orman alanlarının tekrar kullanımı, genişletilmesi, hasat ve ormanların bakımını içerir. Ormanlardaki ağaçların kesiminde kullanılan makinelerin havaya emisyonları (CO₂, NO_x, CO), ve kullanılan gübre ve yabancı otlara karşı kullanılan pestisidlerin çevreye olumsuz etkileri vardır. Orman yönetiminde anahtar genel düşünce biyolojik çeşitliliğdir. Ne zaman bir eko-sistem dönüştürüldüğünde veya yok edildiğinde bitki ve hayvan popülasyonundaki değişim test edilerek araştırılmak zorundadır [76].

B) Direk üretimi

Ağaçlar kesildikten sonra, kabukları soyulmak zorundadır, istenilen boyutlara kesilip kurutulduktan sonra empenye edilir ve fiksasyonun tamamlanması sağlanır. Bunlara ilave olarak kullanılan makinelerden çıkan gazların emisyonu, kullanılan enerji, katı atıklar (kabuk, talaş vb.) ve suda çözünen atıklar hayat-çemberi analizine dahil edilir. Ayrıca bu katı atıkları kullanılarak üretilen diğer odun ürünleri veya enerji üretimi de dikkate alınmalıdır [76].

C) Materyal Temini

CCA bileşenlerinin üretimi sırasında, bazı çevresel etkiler söz konusu olmaktadır. Enerji tüketimi, teçhizat emisyonu, toz, katı atıklar, çevrenin tahribatı ve maden ocağı çevresindeki biyolojik çeşitliliğin değişimi incelenmelidir [76].

D) CCA Üretimi

Başlangıç CCA çözeltisi üretimi genellikle konsantredir ve daha sonra empenye tesislerinde istenilen düşük konsantrasyonlara seyreltilir. Temel çevresel endişeler genellikle bu konsantre çözeltinin seyreltilmesi sırasında suya ve/veya toprağa karışmasıdır [76].

E) Direklerin Emprenyesi ve Fiksasyonu

Direklerin empenyesi ve fiksasyonun tamamlanması aşırı enerji tüketimi gerektirir (emprenye sırasında uygulanan vakum basınç ve empenye işleminden sonraki kurutma için) ve potansiyel CCA'nın dökülmesi veya direklerden CCA'nın yıkanması, hayat-çemberinde direklerin empenyesi ve fiksasyonu aşamasında ana sorunlardır [76].

F) Emprenyeli Direklerin Kullanımı

Tel direklerinin kullanımı sırasında, potansiyel CCA bileşenlerinin yıkanmasının yanında, bu elementlerin toprağın iç kesimlerine hareket etmeleri üzerinde durulması gereken ana noktadır.

CCA ile emprenyeli direklerin hayat çemberinin bu aşamasına özel önem verilmelidir çünkü tüketiciler ve genel olarak insanların doğrudan emprenyeli direklerle temas halinde olmalarından dolayı yüksek bir risk içermektedir [76].

G) Direklerin tekrar kullanımı (recycle) ve bertaraf edilmesi (disposal)

CCA ile emprenyeli direklerin kullanım ömürlerini tamamlayıp atıl hale geldiğinde bunların ne yapılması gerektiği sorusu gündeme gelmektedir. Atıl haldeki CCA emprenyeli direklerin boş alanlarda depolanması, bu alanların boşa kullanılmasının yanında, direklerden yıkanan veya direklerin yakılması sonucu ortaya çıkan bakır, krom ve arseniğin doğaya olumsuz etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Halen kapsamlı olarak hazırlanmış odunun kullanım ömrü analizi (life-cycle analysis) araştırmaları mevcut olmamasına rağmen, bu konuda bazı araştırmalar yapılmıştır. Kanada Forintek'te yürütülen bir araştırmada, inşaat malzemesi olarak odun ve oduna alternatif olan diğer malzemelerin kullanım ömrü analizleri incelenmiş ve birbirleriyle kıyaslanmışlardır [77,78]. Bu çalışmada alternatif odun ve çelik konstrüksiyonlar için gerekli olan girdi ve çıktılar kıyaslanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6'de verilmiştir. Tablo 6'den de açıkça görüldüğü gibi, odun çok daha az elektrik ve su gereksinimi duyarken, çelik konstrüksiyonlar daha fazla katı atık ve emisyon üretirler. Bununla birlikte, bu girdi ve çıktıların önemlilik derecesi hakkında kesin yargıya varmadan, bu iki odun ve çelik tasarımlarının çevreye verdiği etkiler konusunda kesin karar vermek oldukça zordur.

Tablo 7. Alternatif odun ve çelik konstrüksiyon dizaynları için çevresel girdi ve çıktılar [77]

Girdiler/Çıktılar	Odun	Çelik
Elektrik tüketimi (1000 GJ)	5.46	17
Su tüketimi (1000m ³)	3.5	82
Karbondioksit (1000 kg)	406	1171
Katı atıklar (ton)	165	180
Uçucu organik bileşikler (kg)	334	504
Metan gazı(kg)	47	33
Nitrojen oksitler (kg)	1557	1067
Sülfür dioksit (kg)	578	2767

Diğer bir çalışmada, İsveçli bir araştırmacı grubu 12 metrelik kreozot ve CCA-B tipi emprenye maddeleriyle emprenye edilen tel direkleriyle çelik, beton ve alüminyum direkleri karşılaştırmışlardır [79]. Teorik olarak 100 yıllık kullanım ömrüne sahip direklerin karşılaştırılması sonucunda, odun tel direklerinin daha az enerji gereksinim duydukları ve daha az miktarda kirletici gaz açığa çıkardıkları belirtilmiştir. Bazı kirletici gazların emisyonu sadece çelik, beton ve alüminyum direkler için geçerli olmakla birlikte, kreozotun uzaklaşması, bakır, krom ve arseniğin yıkanması sadece odun tel direklerine özgü sorundur. Çelik ve alüminyum direklerin tekrar değerlendirilmesi hesaba katıldığında, her bir direkten açığa çıkan kirletici gazların miktarı ve tüketilen enerji miktarı açısından diğer alternatif direklere göre daha iyi olduklarını belirtilmiştir [79].

1.7. Remidasyon

Remidasyon, atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla uygulanan işlemler olarak tanımlanabilir. Atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerin tekrar kullanılması veya bakır, krom ve arseniğin çevreye ve diğer canlılara verdiği zararları önlemek veya en aza indirmek amacıyla birbirinden farklı birkaç remidasyon yöntemi sözkonusudur. Bu yöntemler;

- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yüksek sıcaklık ve basınç altında yakılmasıyla geriye kalan külden bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması,
- Bakırın eritilmesi suretiyle CCA ile emprenyeli malzemelerin tekrar kullanılması,
- Çimento üretim fırınlarında CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yüksek sıcaklık ve basınç altında yakılarak kullanılması,
- Atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bazı odun kompozitlerinin (çimentolu yonga levha, OSB vb.,) üretilmesi,
- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arsenik miktarının belirli bir seviyeye kadar ekstraksiyon yoluyla uzaklaştırılması ve temizlenmiş veya arındırılmış olarak adlandırılan odun hammaddesinin farklı amaçlar için kullanılması; ekstraksiyon yoluyla elde edilen bakır, krom ve arseniğin geri kazanılması ve tekrar kullanılması,

- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniğin yüksek sıcaklık ve basınç altında su buharıyla uzaklaştırılması,
- CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin çeşitli mantar ve bakterilerin degradasyonuna maruz bırakılarak (biyoremediasyon) bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması,
- Yeni olarak geliştirilen bir yöntem ile gerek CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden gerekse kontamine olmuş topraktan bakır, krom ve arseniğin elektrodialitik yöntem ile uzaklaştırılması olarak özetlenebilir.

Atıl haldeki CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla Clausen'in yaptığı bir çalışmada, 20 yıllık CCA ile emprenye edilmiş direklerden, sıvı besin ortamında bakır, krom ve arseniği açığa çıkaran spor yapısında bakteri izole edilmiştir. CCA ile emprenye edilmiş odun yongaları, *Bacillus licheniformis* olarak teşhis edilen bu bakteriye maruz bırakılmış ve atomik absorpsiyon spektrometresi ile yapılan kimyasal analizler sonucunda; bakırda %80 ve arsenikte %43 azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada devamlı kültür şartlarında bu kayıpların daha da arttığı belirlenmiştir. Bu kayıplar; bakırda %93, kromda %6 ve arsenikte %45 olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak yöntemin, *Bacillus licheniformis* bakterisi ile muameleye tabii tutulan CCA ile emprenye edilmiş odun yongalarından bakır ve arseniğinin açığa çıkarılmasında iyi sonuç verirken, kromun açığa çıkarılmasında etkisiz kaldığı belirlenmiştir [110].

Clausen ve Smith yaptıkları çalışmada, CCA emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak amacıyla kimyasal, mekanik ve mikrobik yöntemler kullanmışlardır [111]. Bu çalışmada, CCA emprenyeli odun asit ekstrasyonuna, buhar banyosuna ve bakteri fermantasyonuna maruz bırakılmış ve uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları kimyasal analizlerle belirlenmiştir. Asit olarak oksalik asit ve bakteri olarak da *Bacillus licheniformis* kullanılmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre, bakır en kolay uzaklaştırılırken, kromun bu işlemlere karşı en dayanıklı olduğu ve uzaklaştırılmasının zor olduğu saptanmıştır. Sadece buhar işleminin veya buharlamadan sonra asit ekstraksiyon işleminin bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasında herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. En iyi sonuç, asit ekstraksiyonu ile bakteri fermantasyonunun birlikte kullanılmasıyla elde edilmiş ve bakırın %90-99' u, kromun %80'i ve arseniğin tamamı uzaklaştırılmıştır [111].

Yang ve Illman metallere karşı direnç gösteren odun çürütücü *Meruliporia incrassata*

mantarına maruz bırakılan CCA ile emprenye edilmiş odun örneklerinden uzaklaştırılan metalleri belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda *Meruliporia incrassata* mantarının toprak esaslı (soil-block) çürüklük testinde %40 ağırlık kaybı meydana getirdiği bulunmuştur [112].

De Groot ve Woodward, bakır esaslı emprenye maddeleriyle emprenye edilmiş odunu bakıra karşı direnç gösteren odun çürütücü mantarları kullanarak biyolojik yoldan bozundurulmasını araştırmışlardır [113]. Güney çamı diri odunu (*Pinus spp.*) bakır esaslı maddelerle emprenye edildikten sonra bakıra karşı direnç gösterdikleri bilinen mantarlara maruz bırakılmışlar ve mantarların meydana getirdikleri ağırlık kayıpları ve çürütülen odunda ve kontrol örneklerindeki bakır konsantrasyonları belirlenmiştir. *Wolfiporia cocos* mantarının *Poria monticola* mantarına göre bakıra karşı daha fazla direnç gösterdiği saptanmış ancak çürütülen odun örneklerindeki bakır konsantrasyonu ile çürüklük öncesindeki odun örneklerindeki bakır konsantrasyonu arasında fark olmadığı veya çok az bir azalma olduğu bulunmuştur [113].

Crawford ve Clausen yüksek sıcaklığa ve bakıra karşı direnç gösteren *Bacillus licheniformis* bakterisine maruz bırakılan bakır esaslı kimyasal maddelerle emprenyeli odun örneklerinde meydana gelen bakır kayıplarını belirlemişlerdir [114]. Odun örnekleri 6 değişik tip bakır esaslı kimyasal madde ile emprenye edildikten sonra 121°C de 15 dakika süreyle 20 psi basınca maruz bırakıldıktan sonra 10 gün süreyle 28°C’de *Bacillus licheniformis* bakterisiyle muamele edilmiştir. Otoklavda yüksek basınç ve sıcaklığa maruz bırakılan odun örneklerinde bakır kaybının %16-37 arasında olduğu belirlenmiştir. Daha sonra 10 gün süreyle bakteriye maruz bırakılan odun örneklerindeki bakır kayıpları ise %44-82 arasında değişmektedir [114].

Clausen emprenyeli odun örneklerinden metallere karşı direnç gösteren bakır, krom ve arseniği uzaklaştırabilen bakterilerin izole edilmesini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda CCA ile emprenyeli odundan en zor uzaklaştırılan kromu %98 oranında uzaklaştırabilen *Acinetobacter calcoaceticus* FN02, *Aurobacterium esteroamaticum* VV03 ve *Klebsiella oxytoca* CC08 adlı 3 tür bakteri teşhis edilmiştir [115].

Clausen diğer bir çalışmasında CCA emprenyeli odun örneklerinden çift remidasyon yöntemi uygulayarak bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması imkanlarını araştırmıştır. CCA ile emprenyeli odun örnekleri önce %0.1’lik oksalik asit ile 18 saat işleme tutulmuş, daha sonra *Bacillus licheniformis* bakterisine maruz bırakmış ve uzaklaştırılan bakır, krom ve arsenik miktarları tespit edilmiştir. Toplam olarak, bakırın %78’i kromun %97’si ve arseniğin %93’ü uzaklaştırılmıştır [116].

Shiau ve arkadaşları atıl haldeki emprenyeli odunda organik asit ekstrasyonunun ve buhar banyosunun bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılmasına olan etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada organik asit ekstrasyonunda asetik ve sülfürik asit kullanılmıştır. Buna göre; buhar işleminin bakır, krom ve arseniğin ekstraksiyonla uzaklaştırılmasına herhangi bir olumlu etki yapmadığı saptanmıştır [117].

Vick CCA ile emprenyeli güney çamında (*Pinus spp.*) tutkal yapışma direncini araştırmış ve CCA emprenyeli ağaç malzemelerde yapışma direncinin düşük olmasının nedenlerini tespit etmiştir. Bu zayıf yapışma direncinin hücre lümenlerinin yüzeyinin tamamen CCA ile kaplı olmasında ve dolayısıyla fiziksel olarak yapışmanın engellenmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Ayrıca, taramalı diferansiyel kalorimetri (DSC) cihazı kullanarak Cr^{+6} , Cr^{+3} , Cu^{+2} ve As^{+5} iyonların fenol formaldehit tutkalının şertleşmesini geciktirebileceğini bildirmiştir [118].

Vick ile Vick ve Christiansen tarafından yapılan çalışmalarda CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerden odun kompozitleri yapıldığında düşük yapışma direncine neden olan etmenler araştırılmıştır. Bu araştırmalara göre; düşük yapışma direncine metallerin hem fiziksel hem de kimyasal olarak hücre çeperindeki lignoselülozik bileşenlerle kompleksler oluşturmalarının ve düşük pH'a sahip CCA'nın ağaç malzemenin bileşenlerini hidrolize etmesi neden olduğu düşünülmektedir [119,120]. Diğer bir çalışmada ise, düşük yapışma direncinin nedeni olarak, polar hidroksil gruplarınca zengin fenolik tutkalların hidrojen bağlarıyla hücre çeperi bileşenlerine bağlanması, ancak hücre çeperine fikse olan metal iyonların bunu engellemesi gösterilmektedir [121,122].

Vick diğer bir çalışmasında CCA ile emprenyeli güney çamının melamin-üre ve melamin tutkallarının yapışma direncinin artırılması olanaklarını araştırmıştır. Bu amaçla hidroksilmetil resorsinol katkı maddesi kullanarak bu çalışmada kullanılan tutkalların yapışma direncinin arttığını tespit etmiştir [123].

Sellers ve Miller üç farklı tutkal kullanarak, CCA ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerden glulam laminat malzeme üretme olanaklarını araştırmışlar ve resorsinol-formaldehit ve modifiye edilmiş resorsinol tutkalı kullanıldığında yüksek makaslama direnci ve delaminasyon değerleri elde etmişlerdir [124]. Ancak Pizzi'nin belirttiği gibi resorsinol-formaldehit tutkallar fenol formaldehit tutkallara göre daha pahalı olduğundan endüstride fenol formaldehit tutkalı daha fazla kullanılmaktadır [18].

Vick ve arkadaşları, CCA emprenyeli güney çamından etiket yongalevha üretimi

olanaklarını araştırmışlardır. Bu çalışmada etiket yongalar sıvı fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırılarak etiket yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen etiket yongalevhaların bütün direnç özelliklerinin emprenye edilmemiş etiket yongalardan elde edilen levhalara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, etiket yongaların tutkalla karıştırılmasından önce %5'lik hidroksilmetil resorsinol katkı maddesiyle muamele edilmesiyle üretilen etiket yongalevhaların gerek mekanik gerekse fiziksel özelliklerinin iyileştirildiği saptanmıştır [125].

Mengeloğlu ve Gardner yaptıkları çalışmada CCA emprenyeli güney çamından (*Pinus spp.*) polimerik metilen difenil diisosiyanat (pMDI) ve sıvı fenol formaldehit (LPF) kullanarak etiket yongalevha üretimi olanaklarını araştırmışlardır. PMDI tutkalı ile üretilen etiket yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin oldukça iyi olduğu ve bu sayede atıl haldeki emprenyeli ağaç malzemelerden etiket yongalevha üretilerek değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir [126].

Wolfe ve Gjinolli atıl haldeki CCA emprenyeli ağaç malzemelerden elde edilen çimentolu yonga levhaların direnç özelliklerini tespit etmiştir [127].

Huang ve Cooper servis ömrünü tamamlamış CCA emprenyeli ağaç malzemelerden çimentolu yonga levha üretimi olanaklarını araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda, CCA emprenyeli ağaç malzemenin emprenyesiz ağaç malzemeye göre çimentolu yonga levha üretimine daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle CCA emprenyeli ağaç malzemelerden üretilen çimentolu yonga levhaların eğilme direnci, çekme direnci, su absorblama ve kalınlık artış performansı değerlerinin daha iyi olduğu saptanmıştır [51].

Clausen ve arkadaşları *Bacillus licheniformis* ve oksalik asit ekstrasyonuna tabii tutulan CCA emprenyeli yongalardan %10'luk fenol formaldehit tutkalı kullanılarak elde edilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Remidasyona maruz bırakılan yongalardan elde edilen yonga levhaların eğilme direnci, emprenyesiz ve herhangi bir işleme maruz bırakılmamış yongalardan elde edilen yonga levhalarinkine göre %8 daha yüksek bulunurken, çekme direncinde %28 azalma meydana gelmiştir [128]. Ayrıca kalınlık artışı ve su absorpsiyonunun daha yüksek olduğu bulunmuştur [129].

Crawford ve arkadaşları yaptıkları çalışmada toprak özelliklerinin CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerin yıkanmasına nasıl etki yaptığını ortaya koymaya çalışmışlardır [130]. Bu amaçla, güney çamı odun örneklerini 6.4 kg/m^3 hedef retensiyonun sağlayacak şekilde emprenye ederek, kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiş 5 değişik özellikteki toprakta ve suda

laboratuar şartlarında 12 hafta boyunca yıkanmaya maruz bırakılmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, bakırın yıkanma miktarı bütün odun örneklerinde ve toprak tiplerinde arseniğine oranla daha fazla veya eşit miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Bakırın yıkanma miktarının, toprağın su tutma kapasitesi ($r^2=0.77$) ve ayrıca tek olarak toprağın pH'sı ile istatistiksel olarak ilişkili olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, toprağın su tutma kapasitesi veya toprağın asitlik derecesi ile bakırın yıkanması arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Odundan yıkanan metal miktarı ile topraktaki bakır miktarı arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Arsenik yıkanmasını en iyi şekilde tahmin eden faktör, topraktaki bakır miktarı olup, iyon değişim katsayısı K ve topraktaki alüvyon miktarı olduğu belirtilmiş ve bu modelle arseniğin yıkanma miktarının $r^2=0.723$ ü açıklanmaktadır. Topraktaki organik madde miktarının yüzdesiyle, topraktaki arsenik miktarının da ikincil bir faktör olarak arseniğin yıkanmasına etkide bulundukları belirtilmiştir. Buna göre, bakır ve arseniğin yıkanma miktarlarının toprak özelliklerinden etkilendiği sonucuna varılmıştır [130].

Taylor ve Cooper iklimin, odun türünün ve emprenye maddesi konsantrasyonu ile su itici maddelerin toprakla temas halinde olmayan CCA ile emprenyeli ağaç malzemelerden yıkanan bakır, krom ve arseniğinin yıkanma miktarlarına etkilerini araştırmışlardır [131]. Bu çalışmada, emprenyesi kolay olan yüksek permabiliteye sahip olan güney çamı (*Pinus spp.*), orta derecede permabiliteye sahip olan jack çamı (*Pinus banksiana*) ve emprenyesi güç, permabilitesi düşük olan ladin (*Picea mariana*) odunlarından hazırlanan örnekler %1 ve 3' lük CCA emprenye maddesi ile dolu hücre yöntemiyle emprenye edilmişlerdir. Ayrıca su itici maddelerin CCA' in yıkanmasına etkisini ortaya koymak amacıyla örnekler yıkanmaya maruz bırakılmadan önce ticari bir su itici madde ile muamele edilmiştir. Örnekler normal dış hava koşullarında 183 gün boyunca kesintisiz olarak yıkanmaya maruz bırakılmış ve iklim koşulları (yağış miktarı, sıcaklık, yağmurun yoğunluğu ve pH'sı) kaydedilmiştir. Ayrıca her yağmur sonrasında örneklerden yıkanan yıkanma suyundaki bakır, krom ve arsenik miktarları ICP (Inductive Coupled Plasma) cihazıyla belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yıkanan bakır miktarı güney çamında, jack çamından ve ladinden istatistiksel olarak daha fazla olurken, krom ve arsenik yıkanma miktarlarında ağaç türüne göre herhangi bir fark bulunmamıştır. Diğer yandan, %1'lik CCA çözeltisiyle emprenye edilmiş örneklerde %37 oranında daha fazla krom yıkanırken, arseniğin %4 ve bakırın %28 daha az yıkandığı tespit edilmiştir. Su itici madde CCA'nın yıkanmasını %40 oranında azaltmıştır. İlgi çeken diğer bir sonuç ise, %1 lik CCA ile

emprenye edilen örneklerdeki yıkanma sırası en azdan çoğa doru krom < bakır < arsenik şeklinde iken, %3 lük CCA ile emprenye edilen örneklerdeki yıkanma sırası en azdan çoğa doğru krom < arsenik < bakır şeklinde olmuştur [131].

Lin ve Hae CCA ile emprenyeli atıl haldeki ağaç malzemelerden bakır, krom ve arseniği uzaklaştırmak üzere yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, ilk olarak, katalizör olarak sülfürik asidi kullanarak poli etilen glikol ve gliserin varlığında 120-150 °C’de CCA ile emprenyeli atıl haldeki ağaç malzemeler sıvı hale dönüştürülmüştür. Daha sonra kompleksleştirme etmenleri ilave edilerek bakır, krom ve arsenik çökeltilerek uzaklaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, %85 oranında CCA ortamdan uzaklaştırmıştır. Ayrıca, geriye kalan CCA’dan temizlenmiş ağaç malzemenin poliüretan materyallerin hazırlanmasında ve geri kazanılan CCA’nın ise tekrar emprenye işleminde kullanılabileceği bildirilmiştir [132].

Venkatasamy Kenya’da yetişen Okaliptüs (*Eucalyptus saligna*) ve (*Acacia mearnsii*) CCA ile emprenye edilmiş odun örneklerden yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarına pH’nın etkisini araştırmıştır. Yukarıda belirtilen ağaç türlerinden elde edilen odun örnekleri hedef retensiyonu 18.2 kg/m³ olacak şekilde emprenye edilmiş, daha sonra pH’sı 3.0, 6.0, ve 8.0 ayarlanan musluk suyu ortamında 3,6,9,12,15,18, ve 21 gün süreyle yıkanmaya maruz bırakılmıştır. Yıkanma testinin sonunda alınan örnekler rutubet oranı %12 ye gelinceye kadar klima odasında bekletilip odun örneklerinde kalan bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiştir. Buna göre, en fazla yıkanma pH’nın 3.0 ayarlanmış ortamda yıkanmaya maruz bırakılan örneklerde meydana gelirken en az yıkanma miktarı pH’sı 6.0 ayarlanmış ortamda yıkanmaya maruz bırakılan örneklerde meydana geldiği saptanmıştır. Yıkanma miktarı pH=3.0 ortamında %53.8 olurken, pH=6.0 ortamında yıkanma miktarı % 30.2 oranında gerçekleşmiştir. Ayrıca, yıkanmanın büyük bir kısmının ilk 12 günde gerçekleştiği ve 21. güne kadar yıkanmanın daha yavaş olarak gerçekleştiği bildirilmiştir [133].

Mateus ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Portekiz’de atıl hale gelmiş kreozot ve CCA ile emprenyeli tel direklerinden ve traverslerden bakır, krom ve arseniğin elektrodiyaetik yöntem ile uzaklaştırılması olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla atıl haldeki CCA ile emprenyeli *Pinus pinaster* tel direkleri yongaları ve talaşı %2.5’luk oksalik asit yardımı ile elektrodiyaetik yöntem ile bakırın %84’ü, kromun %91’i ve arseniğin %97’si uzaklaştırılmıştır [134].

Ribeiro ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, atıl hale gelmiş CCA ile emprenyeli tel direklerinden bakır, krom ve arseniğin elektrodiyaetik yöntem ile uzaklaştırılması olanaklarını

araştırmışlardır. Bu amaçla atıl haldeki CCA ile emprenyeli *Pinus pinaster* tel direkleri yongaları ve talaşı %2.5'luk ve %7.5'luk oksalik asit yardımı ve 0.2 mA/cm² sabit doğru akım kullanılarak elektrodialitik yöntem ile bakırın %93'ünün, kromun %95'inin ve arseniğin %99'unun uzaklaştırıldığı belirtilmiştir [135].

Velizarova ve arkadaşları yaptıkları çalışmada CCA ile emprenyeli odun örneklerinden elektrodialitik işlemi ile bakır, krom ve arseniğin uzaklaştırılması imkanlarını araştırmışlardır. CCA ile emprenye edilmiş 20 yıl süreyle kullanılmış çam (*Pinus pinaster* Ait) tel direğinden elektrodialitik ve diyalitik teknikler kullanarak bakır, krom ve arsenik uzaklaştırılmıştır. Bu çalışmada “temizleme aracı” (cleaning agent) olarak oksalik asit kullanılmış ve uygulanan direk akımın etkisi 120 mA kadar olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre; 14 günlük işlem sonucunda bakırın %84'ü, kromun %87'si ve arseniğin %95'i uzaklaştırılmıştır. Ayrıca, odun yongalarının oksalik asit ile ilk olarak muamele edilmesinin saf suya göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir [136].

Balasoii ve arkadaşları CCA ile yapay olarak kirletilmiş (kontamine olmuş) 9 ayrı toprak örneğinde toprak tipinin ve fizikokimyasal karakteristiklerin bakır, krom ve arseniğin ayrıştırılması ve retensiyona etkisini araştırmışlardır [137]. Ardışık ekstraksiyon ve modifiye edilmiş çözücü ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak bakır ve kromun ayrıştırılması sağlanmış ve As⁺³ ve As⁺⁶ speifikasyonu yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre; turba bakır ve kromun ayrıştırılmasında güçlü olarak etki etmiştir. Ortalama metal konsantrasyonları mineral topraklarda az seviyede olmakla birlikte (Cu %58, Cr %23), organik topraklarda bu oran önemli bir şekilde artırmıştır (Cu %96 ve Cr %78). Bununla birlikte, her iki toprak tipi de arseniği yüksek oranda absorblamıştır (As %71-81). Çözünür veya değiştirilebilen formdaki bakır ve krom miktarlarının organik topraklarda çok düşük olduğu tespit edilmiş olmakla birlikte, organik maddeye bağlı olan miktar çok daha yüksektir. Mineral topraklarda, organik topraklardakine ters olarak bakırın %47'sinin ve kromun %18'sinin çözünür veya değiştirilebilen formda olduğu bildirilmiştir. Diğer yandan, arsenik genellikle +5 değerlikli olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, organik topraklarda önemli oranda arsenit (As⁺³) (%29) bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki, CCA'da orijinal olarak bulunan +5 değerlikli arsenik indirgenme reaksiyonuna maruz kalarak +3 değerlikli arseniğe indirgenmektedir [137].

3.5. Tel Direklerindeki Tahribatlar

Bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesinde gerek kullanımda olan gerekse atıl halde TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerindeki tahribatlar tespit edilmiştir.

Odunun çürümesine neden olan mantarlar meydana getirdikleri çürüklük tiplerine göre sınıflandırılabilir. Çürüklük tipleri hücre çoğunlukla çeperi bileşenlerindeki bozuşmaya göre tanımlanmaktadır. Beyaz çürüklük mantarları tüm odun bileşenlerini tahrip ve metabolize etme yeteneğine sahiptir. Araştırmalara göre, enzimatik kapasiteleri değişiklik gösteren farklı beyaz çürüklük mantarları hücre çeperi bileşenlerini değişik oranda degrade etmektedir. II. tip beyaz çürüklük mantarları tüm bileşenleri aynı oranda tahrip ederken, I. tipte olanlar öncelikle lignini daha hızlı biçimde bozundurmaktadır. Geriye kalan odun beyaz renkte ve lifli bir hal almaktadır (Şekil 5) [75].



Şekil 5. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli tamamen misellerle sarılmış ladin tel direğinde tespit edilen beyaz çürüklük

Esmer çürüklük mantarları öncelikle hücre çeperi karbonhidratlarını degradesyona uğratmaktadır. Geriye modifiye edilmiş lignin kalmaktadır. Çürüklüğün erken aşamasında hemiselülozlar selülozdan daha hızlı bir şekilde tüketilmektedir. Esmer çürüklük, çürümenin daha erken aşamalarında sekonder çeperdeki karbonhidratların yoğun bir şekilde tahrip edilmesiyle beyaz çürüklükten farklılaşmaktadır (Şekil 6) [75].



Şekil 6. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinin toprak zonunda tespit edilen esmer çürüklük

Yumuşak çürüklük mantarlarının hücre çeperi bileşenlerinde yaptığı tahribat dikkate değer ölçüde bir çeşitlilik göstermektedir. Bir çok yumuşak çürüklük mantarının temel hedefi odun karbonhidratlarıdır. Lignin sınırlı miktarda tahrip edilir ve bu anlamda esmer çürüklük tahribatını andırırlar. Fakat, diğer bazı yumuşak çürüklük mantarları beyaz çürüklük mantarlarına benzer şekilde, iğne yapraklı ağaçlardaki lignini karbonhidratlardan daha fazla miktarda tahrip etmektedir. Yumuşak çürüklük mantarlarının birçoğu birkaç istisna olmakla birlikte, selüloz birimlerini hemiselüloz birimlerinden daha hızlı bir oranda bozundurmaktadır. Yumuşak çürüklük mantarı ise selülozun kristal zonunu degrade edebilme yeteneğine sahiptir. Sekonder çeperin S₂ tabakasında meydana getirilen karakteristik oyuklar bunun göstergesidir. Yumuşak çürüklüğün geniş bir tanımı, hücre çeperi bileşenlerinin mikro mantarlar tarafından degradasyonuna uğratılması olarak kabul edilmektedir [75]. Yumuşak çürüklük genellikle tel direklerin yüzeyinde ve toprak zonunda tespit edilmiştir.

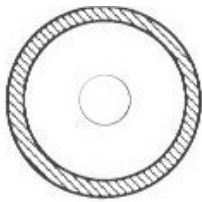
Bu çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde yaygın olarak tespit edilen çürüklüklerin genellikle direklerin toprakla temas halindeki toprak zonunda ve direklerde bulunan çatlak bölgelerde olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kullanımda ve atıl olarak TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinin toprak zonunda tespit edilen yumuşak çürüklük

Yapılan incelemeler sonucunda tel direklerinin enine kesitinde yaygın olarak tespit edilen çürüklük modelleri aşağıda verilmektedir.

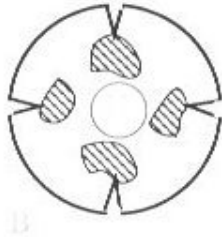
1. Yüzeysel çürüklük: Genellikle çürüklüğün yeni başladığı, ilk aşamasında görülen veya aşırı rutubete maruz kalan tel direklerinin yüzeylerinde meydana gelen yumuşak çürüklük sonucu görülen modeldir (Şekil 8).



Şekil 8: Tel direklerinde tespit edilen yüzeysel çürüklük tipi

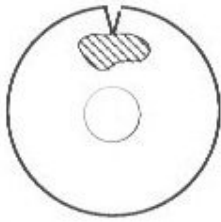
2. Küçük çürüklük zonları: Genellikle tel direklerinin yüzeylerinde bulunan çatlak ve yarıklardan mantar misellerinin direğin iç kısımlarına girmesiyle emprenyesiz kısımlarda küçük

çürüklük bölgelerinin oluşturulmasıdır (Şekil 9).



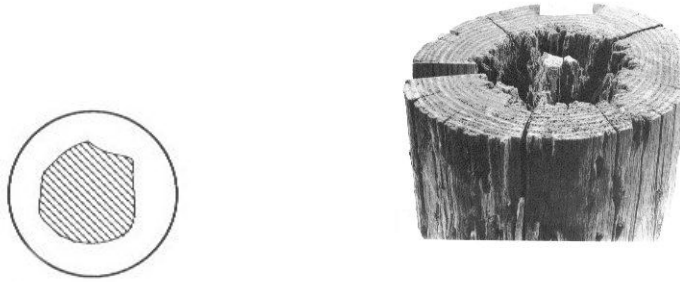
Şekil 9. Tel direklerinde tespit edilen küçük çürüklük zonları

3. Büyük çürüklük zonları: Bu tip çürüklük modelinde de mantar miselleri tel direklerinin yüzeylerinde bulunan derin çatlaklardan girerek emprenyesiz kısımlarda çürüklük bölgesi oluşturmaktadır. 2 nolu maddede açıklanan çürüklük modeli tipinin ilerlemiş aşamasıdır (Şekil 10).



Şekil 10. Tel direklerinde tespit edilen büyük çürüklük zonları

4. Oyuk tipi çürüklük: Tel direklerinin emprenye edilmesinden önce mantar misellerinin direklerin iç kısımlarına girmesi ve uygun ortam oluştuğunda bu iç kısımları çürütmesiyle büyük oyuklar oluşmaktadır. Diğer yandan, tel direklerinin uç kısımlarının aşırı yağış ve güneşe maruz kalmasından dolayı da bu tip çürüklük yapısına tel direklerinin uç kısımlarında da tespit edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Tel direklerinde tespit edilen oyuk tipi çürüklük

Gerek kullanımda bulunan gerekse atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinde tespit edilen diğer tahribat ve kusurlar aşağıdaki gibi ele alınabilmektedir.

1. Böcek tahribatı: Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda kullanımda bulunan tel direklerinde böcek tahribatının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. Böcek tahribatı genellikle direklerin emprenye işlemine hazırlanması sırasında dış kabuk ve kambiyum tabakasının uzaklaştırılması işleminin tam olarak yapılmadığı direklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte; mantar tahribatına uğramış tel direklerinde böcek tahribatının yoğun olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, atıl haldeki depolarda bekletilen tel direklerinde böcek tahribatının aşırı seviyede olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Yoğun bir şekilde böcek tahribatına uğramış tel direği

2. Yakılma: Kullanımda bulunan tel direklerinde görülen tahribatların biriside tel direklerinin dibinde yakılan ateşten kaynaklanmaktadır. Özellikle şehir merkezi dışındaki

direklerde bu tahribat sıkça gözlemlenmiştir (Şekil 13). Yakılan ateş sonucu tel direklerinin toprak zonunda özellikle tel direklerinin emprenyeli dış kısmında büyük hasar oluşmakta buda mantar ve böcek zararlıların tel direğini tahrip etmelerini kolaylaştırmaktadır.



Şekil 13. Yakılan ateş sonucu tel direğinde meydana gelen tahribat

3. Tel direklerinde derin çatlak ve yarıklar: Kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde belirlenen kusurlardan biriside derin çatlak ve yarıklardır. Bu çalışma kapsamında incelenen tel direklerin %60-70'inde derin çatlaklar tespit edilmiştir (Şekil 14). Özellikle, toprak zonuna yakın kısımlardaki çatlaklar, tel direklerinin çürümeye en hassas olan bu kısımlarına mantar misellerinin girmesini kolaylaştırmakta ve tel direklerinin çürümelerine neden olarak beklenen kullanım süresinden daha kısa sürede atıl hale gelmelerine neden olmaktadır.



Şekil 14. Tel direklerinde tespit edilen çatlak ve yarıklar

Tel direklerinde tespit edilen derin çatlaklar ve yarıkların oluşmasının iki önemli nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tel direklerinin emprenyesi sırasında uygulanan basıncın hızla yükseltilmesi tel direklerinde çatlaklara neden olmaktadır. Diğer neden ise,

emprenye işleminden sonra yüksek rutubete sahip tel direklerinin aşırı rutubet kaybetmesidir. Bu durum çatlakların oluşmasına sebep vermektedir. Ayrıca, tel direklerinin kullanım yerlerinde aşırı yağış ve güneşe maruz kalmalarının bu çatlakları oluşturduğu düşünülmektedir. Tel direklerine insanlar tarafından verilen hasarlar da tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden daha kısa olmasına neden olmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Tel direklerinde tespit edilen insanların neden olduğu kusurlar

4. Tel direklerinde gerçekleştirilen işlemler: TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanıma hazır CCA ile emprenyeli tel direklerinde yapılan incelemelerde, tel direklerindeki elektrik aksamalarının takılması için gerekli olan delikler açılmadığı tespit edilmiştir. Bu deliklerin emprenye işleminden sonra açılması nedeniyle, emprenyesiz kısımlar açığa çıkmaktadır. Bu açılan delikler mantar misellerinin ve böcek zararlılarının kolayca direklerin emprenyesiz iç kısımlarına ulaşmasına ve böylece tel direklerinin tahrip edilmesine neden olmaktadır (Şekil 16).

5. Emprenye maddesinin nüfuz derinliği: Gerek kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinden artım burgusuyla alınan örneklerden gerekse TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanılmamış ve atıl haldeki tel direklerinden alınan örneklerde emprenye maddesinin nüfuz derinliği incelenmiştir. Çam tel direklerinden alınan örneklerde nüfuz derinliği 1 ile 8 cm arasında değişirken, ladin ve göknar tel direklerinden alınan örneklerde nüfuz derinliğinin 0.3-2 cm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. CCA ile emprenyeli ladin tel direğinin enine kesiti

4.1. İklim Özelliklerinin Tel Direklerinin Kullanım Sürelerine Etkisi

İklim koşulları ağaç malzemenin çürüme oranına önemli derecede etki etmektedir. Bu nedenle, ağaç malzemelerin tahmini kullanım süreleri maruz kaldıkları ortam ve iklim koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Ağaç malzemelerin uygun şekilde emprenye edilmediği takdirde, bulundukları ortamın iklim şartlarına maruz kalarak biyotik ve abiyotik faktörler tarafından bozundurulması söz konusudur. Genel olarak, sıcaklığın ve bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde, soğuk ve bağıl nemin düşük olduğu bölgelere oranla ağaç malzemelerin çürüklük riski daha yüksektir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki tel direklerinin kullanım süresine iklim koşullarının etkisini belirlemek amacıyla Meteoroloji Müdürlüğünden elde edilen iklim verileriyle, çalışma kapsamında çalışılan illere ait (Trabzon, Rize ve Artvin) çürüklük riskleri ortaya konmuştur.

Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait Walter yöntemine göre iklim diyagramları, ortalama yüksek sıcaklık, ortalama düşük sıcaklık ve ortalama sıcaklık grafikleri (Şekil 17-22) ve Doğu Karadeniz Bölgesi yağış dağılımı haritası incelendiğinde (Şekil 23), çalışma kapsamındaki iller arasında Rize ilinin gerek yüksek yağış miktarı gerekse ortalama sıcaklık ve ortalama bağıl nem oranının mantarların gelişmesi için çok elverişli olmasından dolayı ağaç malzemenin çürüklük riskinin en yüksek il olduğu tespit edilmiştir. Amerikan Hava Tahmini Bürosu (US Weather Bureau) tarafından çevrenin iklimik koşulları esas alınmak suretiyle ağaç malzemeler için

çürüme riski belirlemek amacıyla iklim endeksleri aşağıdaki gibi geliştirilmiştir [158]:

$$\text{İklim indeksi} = \frac{\sum_{\text{Ocak}}^{\text{Aralık}} (T-35) (D-3)}{30}$$

Burada; T: aylık ortalama sıcaklık (°F),

D: bir ayda 0.01 inch (0.254 mm) ve daha fazla yağış alan günlerin sayısı

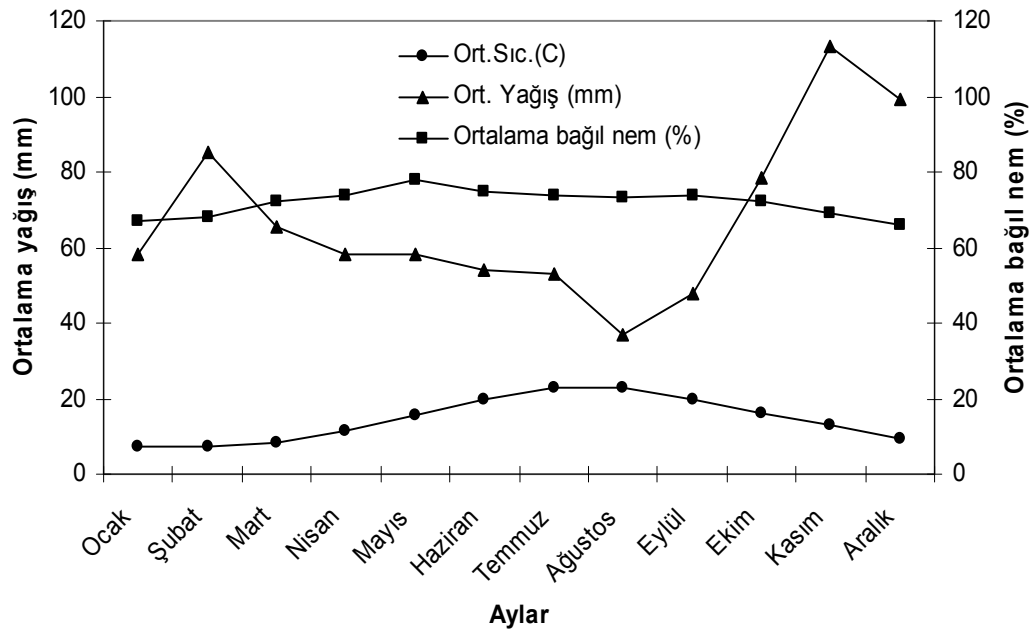
$\sum_{\text{Ocak}}^{\text{Aralık}}$: bir yıl için takip eden ayların yağış verileri toplamıdır.

Yukarıdaki iklim indeksi 35 veya daha az olan bölgelerde çürüme tehlikesi ve riski nispeten düşük, 35 ile 65 arasındaki bölgelerde orta seviyede ve iklim indeksi 65 den daha fazla olan bölgelerde ağaç malzemenin çürüme riskinin çok yüksek olduğu bildirilmiştir. Scheffer yaptığı çalışmalarla Amerika Birleşik Devletlerinin çürüklük riski haritasını yukarıdaki belirtilen iklim indeksi formülüne göre belirlemiştir (Şekil 24, 25). Bu çalışmanın sonucuna göre, Amerika'nın Florida, Mississippi, Louisiana, Güney Carolina ve Washington eyaletinin pasifik okyanusu kıyısındaki bölümünü içeren bölgelerde çürüme riskinin en yüksek olduğu; Texas'ın doğusu, Colorado, Arizona, California, Nebraska, Idaho ve Wyoming eyaletlerini içeren orta merkez olarak da adlandırılan bölgelerde ise ağaç malzemelerin çürüme riskinin en düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çürüklük riski haritası sayesinde ağaç malzemelere nasıl bir koruma işlemi uygulanması gerektiğine karar verilmekte (emprenye maddesi seçimi ve minimum gerekli retensiyon miktarı) ve bununla ilgili yaptırımların uygulanması sağlanmaktadır [158].

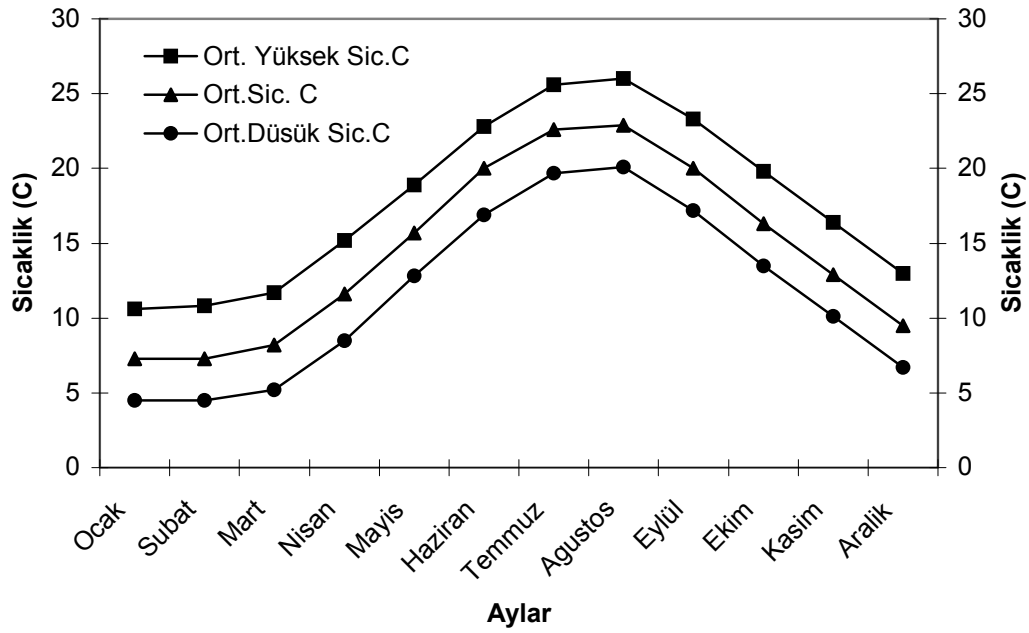
Bugüne kadar, ülkemize ait çürüklük riski haritaları belirlenmemiş ve konuya yönelik yeterince araştırma yapılmamıştır. Bununla birlikte, iklim özelliklerinden dolayı Doğu Karadeniz Bölgesi ülkemizdeki çürüklük riskinin en fazla olduğu bölgedir. Bu tez kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon, Rize ve Artvin illerindeki 2000-2002 yıllarına ait iklim verileri Meteoroloji Müdürlüğünden temin edilerek, yukarıda bahsedilen illere ait iklim endeksleri ve ağaç malzemelerin çürüme risk grupları belirlenmiştir (Tablo 7) [159].

Tablo 7. Trabzon, Rize ve Artvin illerine ait Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle belirlenen iklim indeksleri

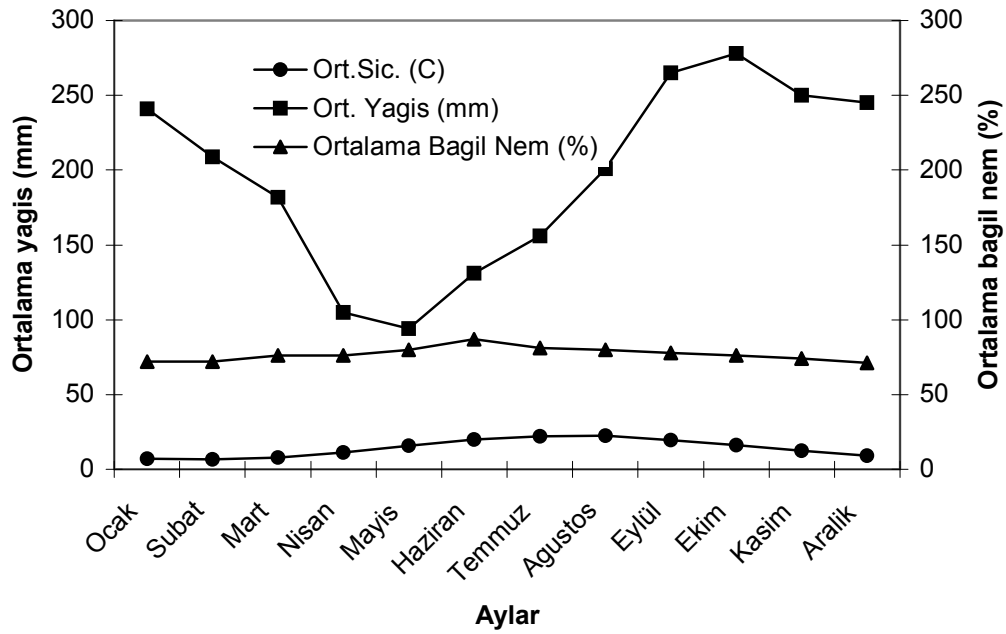
Yıllar	Trabzon	Rize	Artvin
2000	65	96	41
2001	63	89	44
2002	73	93	45
Ortalama	67	92.6	43.3



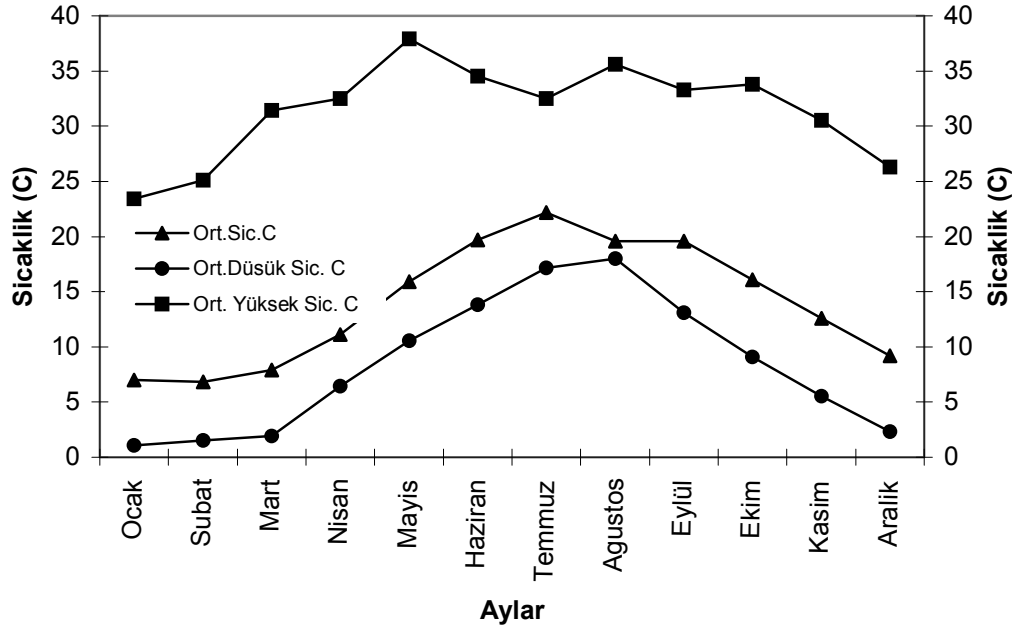
Şekil 17. Trabzon ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı



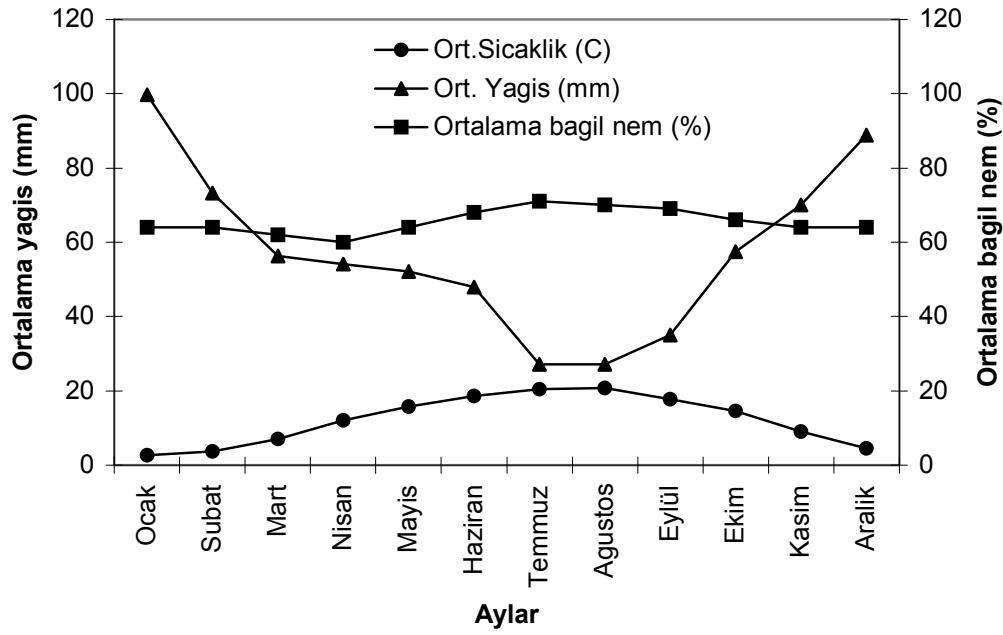
Şekil 18. Trabzon Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri



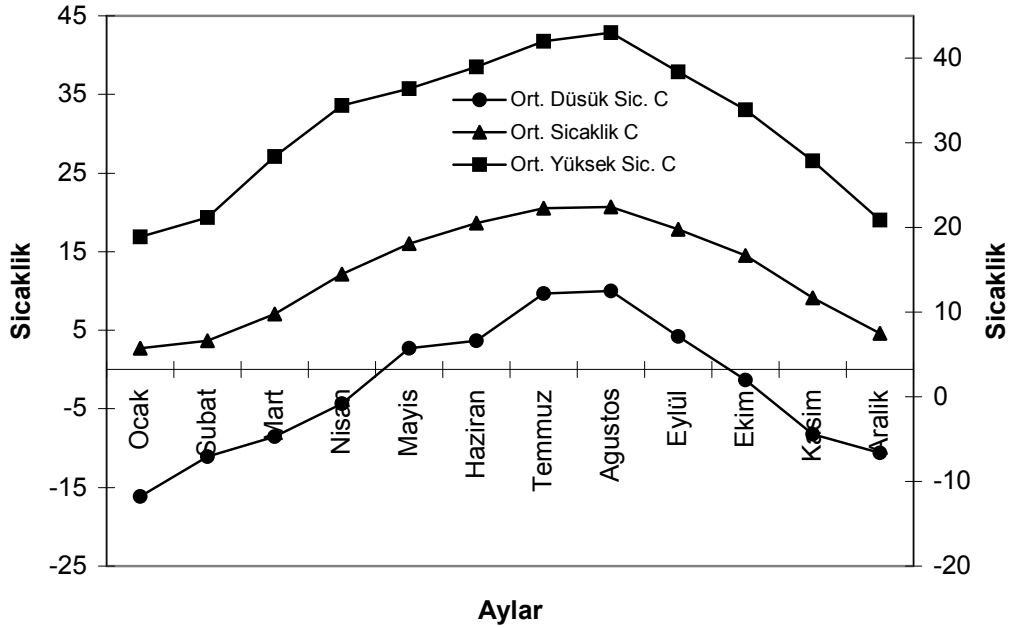
Şekil 19. Rize ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı



Şekil 20. Rize Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 21. Artvin ilinin Walter yöntemine göre iklim diyagramı



Şekil 22. Artvin Meteoroloji istasyonundaki aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri

Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle Trabzon, Rize ve Artvin illerindeki 2000-2002 yıllarına ait hesaplanan iklim endekslerine göre, ağaç malzemelerin çürüklük riski Rize ili için en yüksek iken Artvin ili için en düşük olarak tespit edilmiştir (Şekil 26). Trabzon ve Rize illeri için hesaplanan iklim endeksleri 65’den daha yüksek olduğundan ağaç malzemelerin çürüklük riski en yüksek gruba girmektedir. Artvin ili için hesaplanan iklim indeksi 35-65 arasındaki gruba girdiğinden, çürüklük riski orta seviyededir. Bu nedenle, özellikle Trabzon ve Rize illerinde kullanılan tel direklerinin gerek empenye edilmeleri gerekse kullanımları sırasında gerekli özenin gösterilmesi zorunludur.

Mantar ve böceklerin saldırılarına maruz kalan odun ürünlerinin kullanım sürelerinin artırılması genellikle kimyasal koruyucuların (emprenye maddelerinin) uygulanmasını gerektirir. Bununla birlikte, bu empenye maddelerin etkinlikleri böceklere ve odun çürüten organizmalara karşı zehirliliğine ve ağaç malzemelerin kullanımda iken empenye maddelerinin odundan yıkanıp yıkanmamasına bağlıdır.

CCA suda çözünen birçok değişik amaç için kullanılabilen, son yıllarda kullanım oranı önemli derecede artan bir empenye maddesidir. Bu artışla birlikte, CCA’nın odundan

yıkanmasının insanlara ve çevreye olumsuz etkisinin olup olmadığına yönelik endişeler gündeme gelmiştir. CCA'nın etkinliği, CCA'nın bileşenlerinin mantar ve böceklerle karşı etkin olacak kadar çözünür olması ve aynı zamanda odundan yıkanıp uzaklaşmayacak kadar düşük çözünürlüğe sahip olması arasındaki hassas bir dengeyi gerektirmektedir.

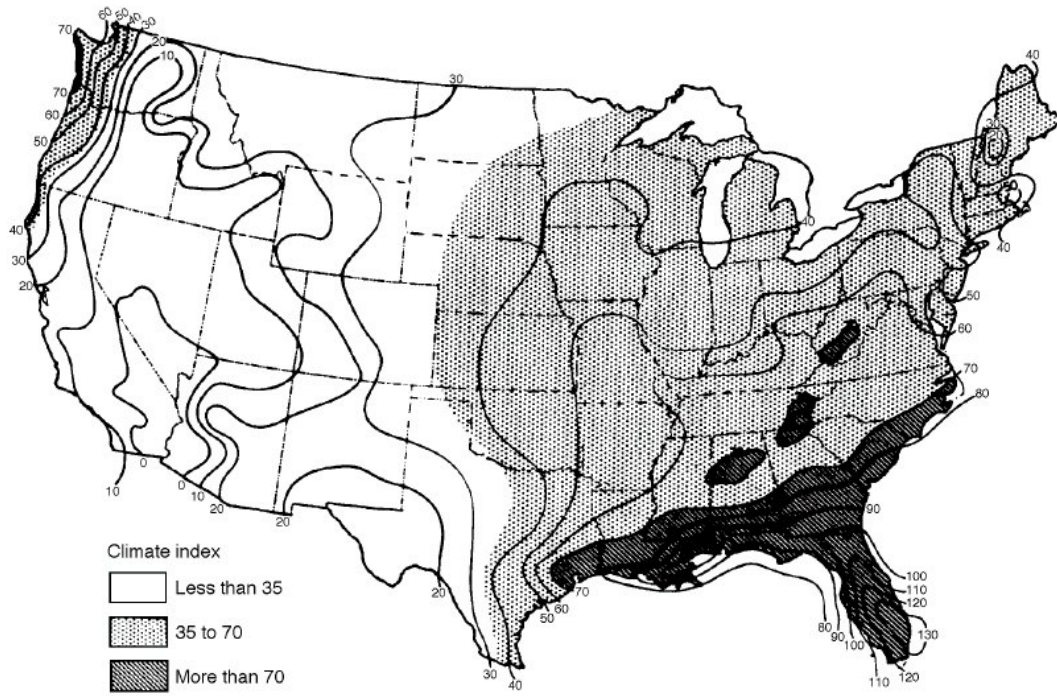
Bugüne kadar CCA'nın yıkanması konusunda yapılan araştırmaların büyük bir bölümü laboratuvar şartlarında yıkanmayı etkileyen faktörlerin veya yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarını belirlenmesine odaklanmıştır ve birçok çalışmada birbirinden çok farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Bunların sadece birkaçında, CCA ile emprenyeli odun örneklerinden yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarına gerçek dış ortam koşullarında iklim özelliklerinin etkisi araştırılmıştır.

Yapılan bir çalışmada, güney çamı (*Pinus spp.*), jack çamı (*Pinus banksiana Lamb.*) ve ladin (*Picea maiana*) 3.81 cm kalınlık ve 13.52cm genişliğindeki keresteler 20.32cm boyunda kesilmiş ve örneklerin uç kısımları emprenye işleminin öncesinde ve fiksasyondan sonra su itici maddelerle kaplanmıştır. Örnekler %1 ve %3'lük CCA emprenye çözeltisiyle boş hücre yöntemine göre emprenye edilmiştir. Emprenyeli örnekler Toronto Üniversitesi kampüsünde 183 gün süreyle dış hava koşullarına maruz bırakılmış ve iklim özelliklerinin yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca günlük sıcaklık, bağıl nem oranı ve yağış olduğu günlerde yağmurun sıcaklığı ve pH'sı kayıt edilmiş ve örneklerden yıkanan su kaplarda toplanarak bu sulardaki bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, ağaç türleri, emprenye çözeltisi konsantrasyonları ve su itici maddenin kullanılması arasında istatistiksel anlamda herhangi bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, iklim şartları bakır, krom ve arsenik yıkanma oranlarını farklı şekilde etkilemiştir. Yıkanan bakır miktarı sarıçam örneklerinde jack çamı ve ladin örneklerine oranla çok daha fazla gerçekleşmiştir. %1'lik CCA çözeltisiyle emprenye edilen odun örneklerinden yıkanan krom oranının, %3'lik CCA çözeltisiyle emprenye edilen odun örneklerinden yıkanan krom oranından %37 daha fazla olduğu belirtilmiş; bununla birlikte, yıkanan arsenik miktarını %4, yıkanan bakır miktarının %28 daha az olduğu tespit edilmiştir. Diğer bazı çalışmalarda bununla çelişen sonuçlar elde edilmiştir. Bazı araştırmacılar artan CCA retensiyon seviyesiyle yıkanan bakır, krom ve arsenik miktarının arttığını bildirirken [160], diğer araştırmacılar retensiyon seviyesinin artmasıyla yıkanma oranlarının azaldığını rapor etmişlerdir [161,162]. Beklenildiği üzere su itici maddenin kullanılması yıkanan bakır, krom ve arsenik oranlarını büyük oranda (%40) azaltmıştır

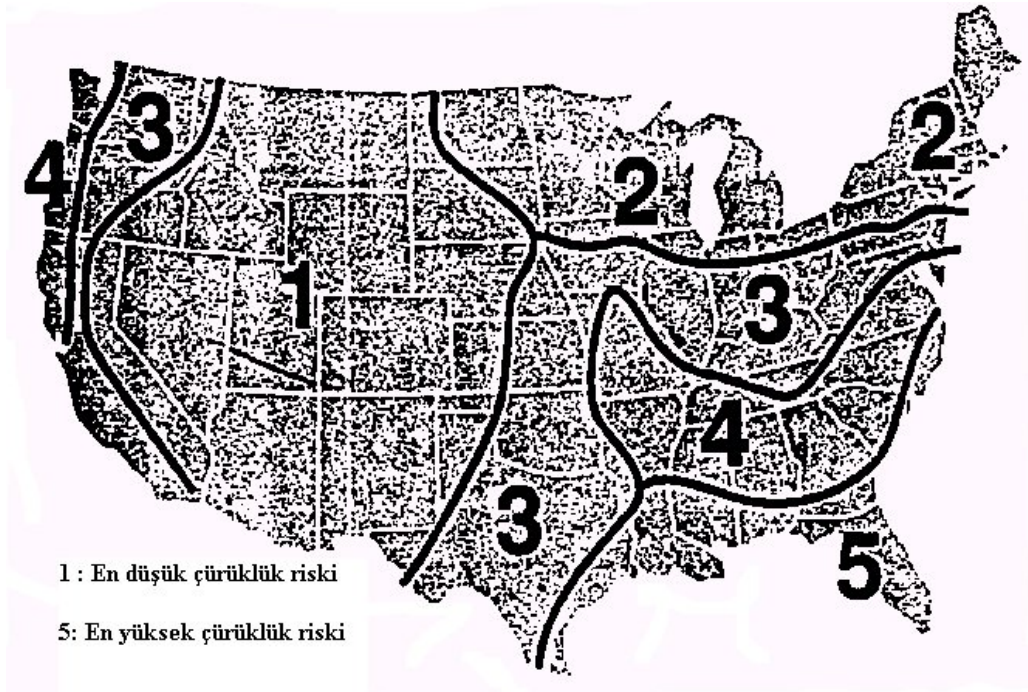
[160].



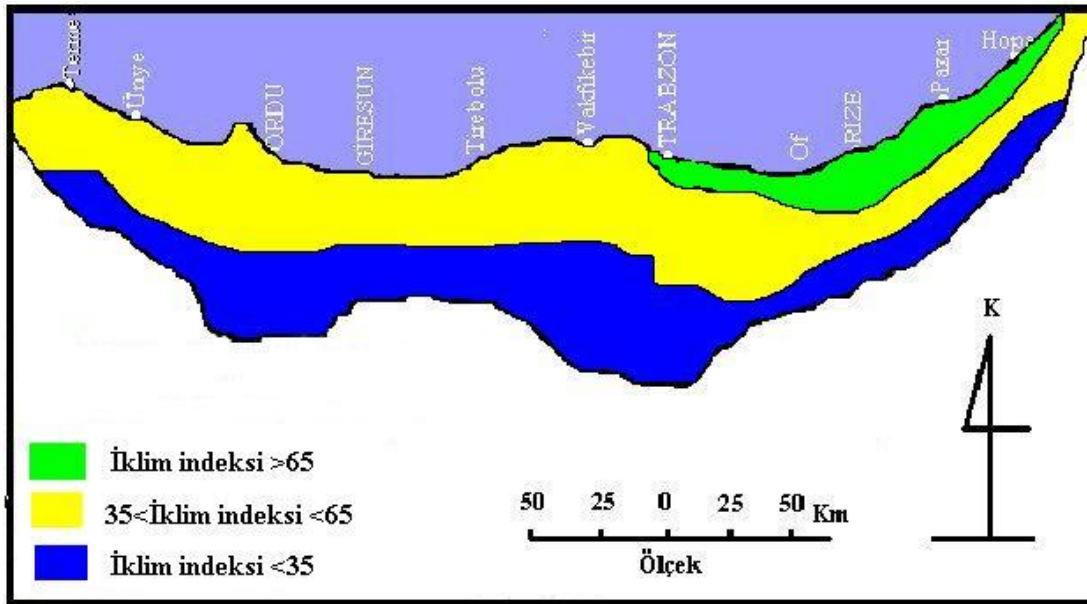
Şekil 23. Doğu Karadeniz Bölgesi yağış dağılımı haritası



Şekil 24. Amerika Birleşik Devletlerinin Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle belirlenen ağaç malzemelerin çürüklük riski haritası



Şekil 25. Amerika Birleşik Devletleri için belirlenen tel direklerinin çürüklük riski haritası



Şekil 26. Amerika Birleşik Devletlerinin Amerikan Hava Tahminleri Bürosu tarafından geliştirilen iklim indeksi formülüyle Devlet Meteoroloji İstasyonundan Doğu Karadeniz Bölgesine ait alınan veriler yardımıyla belirlenen Doğu Karadeniz Bölgesi çürüklük riski haritası

4.2. Doğu Karadeniz Bölgesinde Tel Direklerinde Tespit Edilen Çürüklük Tipleri

Odun endüstrisinde yeni ürünler geliştirilmesinde; odunu tahrip eden temel mantarların rolleri, mantarların teşhisi ve ne kadar sıklıkla arız olduklarına dair bilgilerin elde edilmesi çok önemlidir. Bu bilgiler ışığında kullanılacak ürünün tasarımını ve tahrip edici organizmalara karşı mücadele yapmak mümkün olmaktadır. Laboratuvar şartlarında yapılan çürüklük testleri mantarların odun özelliklerine etkisini belirlemeye ve ağırlık kaybı bazında ne kadar zarar meydana getireceği hakkında tahmin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, dış ortamdaki koşullarda kullanılan malzemelerin tahrip edilmesi laboratuvar koşullarındakinden daha farklı gerçekleşmekte ve birçok faktör aynı anda odunun tahribinde rol alabilmektedir. Bu nedenle, kullanımdaki ağaç malzemelerde mantarların izole ve teşhis edilmesi çürüklüğün başlangıç aşamasında belirlenmesi açısından önemli olmaktadır. Bu bilgiler, bazı kullanım yerleri için tasarlanan ağaç malzemelerin tahrip edici faktörlere karşı korunması konusunda faydalı önlem yaklaşımlarına imkân sağlayabilir. Örneğin yapılan bir çalışmada, Amerika Birleşik Devletlerinin Doğu Bölgelerinde kreozot ve penta-kloro-fenol (PCP) ile emprenye edilmiş kullanımdaki 246 adet güney çamı tel direklerinden yaklaşık olarak 1320 mantar izole edilmiştir. İzole edilen mantarların Basidiomycetes, yumuşak çürüklük ve mikro mantar gruplarından olduğu belirlenmiştir. Basidiomycetes sınıfından teşhis edilen mantarların büyük bir bölümü beyaz çürüklük yapan mantarlar olarak tespit edilmiş ve bu çalışma kapsamında örnek alınan 246 direkten 180'inde beyaz çürüklüğe neden olan mantarlar teşhis edilmiştir. Ayrıca, 131 adet direkte izole edilen 211 yumuşak çürüklük mantarının %85'ni 5 tür oluşturmuştur. Yumuşak çürüklük mantarları genellikle tel direklerinin toprakla temasta oldukları dış kısımlarından izole ve teşhis edilmiştir. Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda da belirtildiği üzere, yumuşak çürüklük ve beyaz çürüklük mantarları mikro mantarlara göre emprenyeli tel direklerinde çok daha önemli zararlılar olarak tespit edilmiştir [192].

Bilindiği kadarıyla, ülkemizde tel direklerine arız olan mantar türlerinin izole ve teşhisi konusunda herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesinde kullanımdaki emprenyeli tel direklerinin beklenen süreden çok daha önce tahribata uğraması ve atıl hale gelmesi nedeniyle, bu bölgede kullanımdaki ve kullanılacak tel direklerinin mantarlara karşı daha iyi korunmalarını sağlayıcı koruma önlemlerinin belirlenmesinde ve geliştirilmesinde halen kullanımda bulunan tel direklerindeki çürüklük tipleri ve CCA ile emprenyeli tel

direklerine arız olan mantar türlerinin teşhis edilmesi önemli bir aşama olacaktır. Bu amaçla, çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesinde gerek kullanımda olan gerekse atıl halde TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda bulunan tel direklerindeki tahribatlar ve mantar türleri tespit edilmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde CCA ile emprenyeli tel direklerinde en çok rastlanan çürüklük tipi esmer çürüklük ve yumuşak çürüklük olarak belirlenmiştir. Bunun yanında *Pleurotus ostreatus* ve *Trametes versicolor* gibi beyaz çürüklük mantarları da tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda kullanımda bulunan tel direklerinde böcek tahribatının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. Böcek tahribatı genellikle direklerin emprenye işlemine hazırlanması sırasında dış kabuk ve kambiyum tabakasının uzaklaştırma işleminin tam olarak yapılmadığı direklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mantar tahribatına uğramış tel direklerinde, böcek tahribatının yoğun olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, depolarda atıl haldeki bekletilen tel direklerinde böcek tahribatının aşırı seviyede olduğu gözlenmiştir.

Kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde belirlenen kusurlardan birisi de derin çatlak ve yarıklardır. Bu çalışma kapsamında incelenen tel direklerinin %60-70'inde derin çatlaklar tespit edilmiştir. Özellikle, toprak zonuna yakın kısımlardaki çatlaklar, tel direklerinin çürümeye en hassas olan bu kısımlarına mantar misellerinin girmesini kolaylaştırmakta ve tel direklerinin çürümelerine neden olarak beklenen kullanım süresinden daha kısa sürede atıl hale gelmelerine yol açmaktadır. Tel direklerinin emprenyesi sırasında uygulanan basıncın hızla yükseltilmesi tel direklerinde çatlaklara neden olmaktadır. Diğer neden ise, emprenye işleminden sonra depolama sırasında yüksek rutubete sahip tel direklerinin aşırı rutubet kaybetmesi çatlakların oluşmasına sebep vermektedir. Ayrıca, tel direklerinin kullanım yerlerinde aşırı yağış ve güneşe maruz kalmalarının bu çatlakları oluşturduğu da düşünülmektedir. Bu çatlakların yanında, tel direklerinde insanlar tarafından (kesilme, yakılma vb.) meydana getirilen hasarların da tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden daha kısa olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanıma hazır CCA ile emprenyeli tel direklerinde yapılan incelemelerde, tel direklerindeki elektrik aksamalarının takılması için gerekli olan deliklerin açılmadığı tespit edilmiştir. Bu deliklerin emprenye işleminden sonra açılması nedeniyle, emprenyesiz kısımlar açığa çıkmaktadır. Bu açılan delikler mantar misellerinin ve böcek zararlılarının kolayca direklerin emprenyesiz iç kısımlarına ulaşmasına ve

böylece tel direklerinin kolayca tahrip edilmesine imkan vermektedir.

Gerek kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinden artım burgusuyla alınan örneklerden gerekse TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanılmamış ve atıl haldeki tel direklerinden alınan örneklerde emprenye maddesinin nüfuz derinliği çam tel direklerinde 1-8 cm arasında değişirken, ladin ve göknar tel direklerinde 0.3-2 cm arasında olduğu tespit edilmiştir.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından alınan tel direklerinde kullanılacak emprenye maddeleri; tercihen taş kömürü katranının yüksek sıcaklıkta damıtılmasından elde edilen ve İngiliz BS 144/1993 no'lu standartta belirtilen özelliklere uygun saf kreozot veya TS-788 de adları geçen ve bileşimlerinde Bakır/Krom/Bor (CCB) veya Bakır/Krom/Arsenik (CCA) gibi suda çözünen tuzlarla veya en az bunlar evsafında veya daha üstün ve istenilen yoğunlukta eriyik elde edebilmek üzere suda eriyebilen karışık preparatlardan, ya da ağaç tel direği emprenyesinde uygulanan ve usulüne göre tatbik edilebilecek tatbikatından müspet sonuç alındığı kanıtlanmış emprenye maddelerinden birisi olması şart koşulmaktadır. Bununla birlikte, son yıllarda TEDAŞ kreozot ile emprenyeli tel direklerden çok, suda çözünen tuzlarla emprenyeli tel direkleri satın almaktadır [193].

Bakır/Krom/Bor (CCB) tuzlarından oluşan preparatlarda çözelti konsantrasyonunun çam direkler için %4, Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzlarından oluşan preparatlarda bu miktarlar çam cinsi direkler için %3 olması istenmektedir. Buna göre kullanılacak ortalama net kuru tuz miktarı (retensiyon), Bakır/Krom/Bor (CCB) tuzları için çam direklerde 14 kg/m^3 , Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzları için çam direklerde 10.5 kg/m^3 olarak şart koşulmaktadır. Emprenye işlemi tamamlanmış bir şarjdaki direklerden 10 adedinden artım burgusu ile alınan numunelerde emprenye maddesinin yetersiz görülmesi halinde ve direk sayısı bir adetten fazla çıktığında şarjın tamamının, bir adet çıktığında ise yalnızca bu direğin ikinci defa emprenye edilmesi şart konulmaktadır [193].

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından alınan emprenyeli tel direklerinin kontrol işlemleri teknik şartnamede belirtildiği üzere [193];

- Alıcı, temsilcisi veya elemanları vasıtasıyla malzemeleri imalattan teslim yerine kadar her türlü muayene ve kontrol etme hakkını saklı tutar.

- Kontrol görevlilerinin seyahat ve şahsi masrafları ve ücreti dışında muayene ve test masrafları tüm olarak satıcı tarafından karşılanacaktır.
- Aksine bir yazılı hüküm bulunmadıkça bütün muayene ve kontroller sevkiyattan önce, alıcının tam yetkili temsilcisi huzurunda yürütülecektir.
- Satıcı, testlerin yapılacağı tarihten bir ay önce test tarihini alıcıya bildirecektir. Alıcı bildirim tarihinden sonraki bir ay içinde muayene mahallinde temsilcisini bulundurmak zorundadır.
- Alıcı, satıcıya zamanında haberdar etmek suretiyle muayenede temsilci bulundurmaktan vazgeçebilir. Bu durumda bütün kontroller imalatçı tarafından yapılır ve hazırlanıp imzalanan test raporları incelenmek ve onaylanmak üzere 3 kopya olarak alıcıya gönderilir. Test raporlarının onaylanması durumunda sevk emri ve 1 kopya onaylı test raporu satıcıya geri gönderilir.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından alınan tel direklerinde yukarıda belirtilen şartlar istenmesine rağmen bu çalışma kapsamında yapılan incelemelerden sonra kontrol işlemlerinin yeterli olmadığı belirlenmiştir. Her ne kadar TEDAŞ tarafından şart konulan minimum retensiyon miktarı (10.5 kg/m³) diğer uluslar arası AWWA, ASTM gibi standartlarda da tel direkleri için şart konulan minimum retensiyon (9.6 kg/m³) miktarından daha yüksek olsa da, direklerdeki minimum gerçek bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmemekte, sadece kaba retensiyon miktarının şart koşılması yeterli olmamaktadır. Bilindiği üzere retensiyon miktarı;

$$\text{Retensiyon (kg/m}^3\text{)} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \text{ formülüyle hesaplanmaktadır.}$$

Burada G: emprenye sonrası ve öncesindeki tel direklerinin ağırlık farkı (gr).

C: 100 gr çözeltideki emprenye konsantrasyonu.

V: tel direğin hacmi (cm³)

Formülde de görüldüğü üzere satıcı firmanın 100 gr çözeltideki konsantrasyon miktarını değiştirerek şart koşulan minimum retensiyon miktarını kolayca sağlaması mümkündür ve böylelikle bu firmalar emprenye ettikleri direklerin TEDAŞ tarafından hazırlanan teknik şartnamedeki minimum retensiyon miktarına sahip olduğunu ifade edebilmektedirler. Bu nedenle, TEDAŞ tarafından alınan tel direklerinin kontrollerinde XRF veya Atomik Absorpsiyon

spektrometri cihazıyla gerçek bakır, krom ve arsenik miktarları belirlenmeli ve bu hüküm şartnameye ilave edilmelidir.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından CCB emprenye maddesiyle emprenye edilmiş tel direkleri de satın alınmaktadır. Özellikle bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesindeki tel direklerinde belirlenen *Antrodia* ve *Poria* türü bakıra karşı toleranslı mantar türleri CCA ile emprenyeli tel direklerinde izole ve teşhis edilmiştir. CCA'nın formülasyonunda arsenik içermesinin nedeni; arseniğin böceklerin ve bakıra karşı toleranslı mantarların tahribatını önlemektir. Gerek bu çalışma kapsamında, gerekse diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda CCA ile emprenyeli tel direklerinde bile, arsenik içermesine rağmen, bakıra toleranslı mantarların izole edildiği belirtilmiştir. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinin iklim özellikleri, toprak özellikleri ve dolayısıyla tel direklerinin çürüklük riskinin yüksek olması nedeniyle, TEDAŞ tarafından CCB ile emprenyeli tel direklerinin satın alınmaması veya en azından alınan CCB ile emprenyeli tel direklerinin ağaç malzemelerin çürüklük riski yüksek olan Doğu Karadeniz Bölgesi gibi yerlerde kullanılmaması gerekmektedir. Ancak, Doğu Karadeniz bölgesinde yapılan incelemelerde, direkler üzerindeki etiketlerden yola çıkarak CCB ile emprenyeli tel direklerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Bilindiği gibi CCB ile emprenyeli ağaç malzemelerden bakır, krom ve borun yıkanması, CCA ile emprenyeli olan ağaç malzemelere oranla daha fazla olmaktadır (194). Mazela yaptığı çalışmada CCB (Bakır-krom-bor) ve CB (bakır-bor) emprenyeli odun örneklerini EN-113 çürüklük testi metoduna göre 16 hafta süreyle *Coniophora puteana* mantarına maruz bırakmış ve aşırı yıkanmaya maruz kalan toprakla temas halindeki örneklerin minimum retensiyon miktarının 20 kg/m^3 olması gerektiğini tespit etmiştir (195). Oysa ki minimum retensiyon miktarının TEDAŞ tarafından hazırlanan şartnamede CCA emprenye maddesi için 10.5 kg/m^3 , CCB emprenye maddesi için 14 kg/m^3 olması gerektiği bildirilmektedir [193]. Ayrıca, borun yıkanmaya karşı çok hassas olması, dolayısıyla özellikle toprakla temasta olan ve çürüklük riskinin yüksek olduğu bölgelerde tel direklerinden yıkanıp gitmesi, özellikle bakıra toleranslı mantarların tahribatına kolayca zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinde CCB ile emprenyeli tel direklerinin kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bakır çok düşük konsantrasyonlarda ($1-10 \mu\text{M}$) birçok canlı organizmalar için önemli bir mikro-besin kaynağıdır ve redoks, elektron alış veriş ve önemli reaksiyonlarla ilgili protein ve

birçok metal-enzimlerin ana ögesiştir (196). Bakırın redoks reaksiyonlarındaki rolü bulunduğu ortamdaki kimyasallara bağımlı olarak Cu^{+1} ’ den Cu^{+2} ’ye dönüşebilme yeteneğine bağılıdır. Buna zıt olarak, bakırın serbest iyonik haldeki yapısı (Cu^{+2}) yüksek konsantrasyonlarda mikroorganizmaların hücrelerine karşı çok zehirlidir. Bakırın zehirliliğı; temel olarak nükleik asitlerin bakırla reaksiyona girip enzimlerin aktif bölgelerinin değışime uğramasında, hücre zarı bileşenlerinin oksitlenmesinde ve işlem sırasında bakırın serbest hidroksil radikalleri oluşturmaları yeteneğinden kaynaklanmaktadır [197-199]. Organik bakır kompleksleri nispeten mikroorganizmalara karşı zehirsizdir [199].

Bakır içeren CCA, AZCA gibi emprenye maddeleri mantar ve böceklerle karşı etkili olmalarından dolayı uzun yıllardır kullanılmaktadır. Bakırın mantarlara karşı etkinliğı genellikle proteinlerin bakır tarafından çökeltilmesi ve hayati önemdeki enzimatik reaksiyonları engellenmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir [200]. Bununla birlikte, bakır iyonlarının kolayca reaksiyona girmeleri ve hücrede reaksiyona girecek bölgelerin çok fazla sayıda olması nedeniyle, bakırın zehirliliğı mantarın hücre metabolizmasıyla sınırlı değildir.

Yukarda belirtilen bakır içeren emprenye maddeleri uzun yıllardır çok yaygın kullanılmasına rağmen, bazı esmer ve yumuşak çürüklük mantarları kullanımda olan emprenyeli malzemelerden defalarca izole ve teşhis edilmiştir [201-203]. Bakıra karşı tolerans, genellikle esmer çürüklük mantarlarıyla ilişkilendirilmektedir [204]. Esmer çürüklük mantarlarının en önemli ayırt edici biyokimyasal özelliklerinden birisi de bunların büyük bir bölümünün oksalik asit üretmesidir. Esmer çürüklük mantarları tarafından üretilen oksalatlar birkaç araştırmacı tarafından tespit edilmiştir [205-207]. Bununla birlikte, oksalik asidin mantar metabolizmasındaki rolü tam olarak henüz açıklanamamaktadır. Schmidt ve arkadaşları, enzimatik olmayan çürüklüklerde oksalik asitin rolünü açıklamışlardır. Oksalik asit özetle demirin doğrudan indirgenmesiyle katalik bir rol oynadığını, bunda da selülozun depolimerizasyonuyla açıklanan Fenton ($\text{Fe}^{++} + \text{H}_2\text{O}_2$) hipotezine dayandırılmaktadır [208]. Bununla birlikte, Hyde ve Wood oksalatın demir iyonunu indirgemediğı ve sadece bunun ışığa bağımlı bir reaksiyon olduğunu bildirmişlerdir. Bundan dolayı, oksalatın odunda doğrudan Fenton tipi bir kimyasal reaksiyon katalizörü olarak fonksiyon gösteremeyeceğini ifade etmişlerdir [209]. Bech-Anderson, ligninin ve selülozun nispeten asitlere karşı direnç göstermesi, bunun yanında hemiselülozlar asidik koşullarda oldukça kolay hidroliz olmasından dolayı, esmer çürüklük mantarları tarafından üretilen oksalik asitin odundaki hemiselülozları hidrolize uğratan

ve odun çürüklüğüne neden olan enzimlerin selüloza ve sudan çözünen şekerlere daha kolayca ulaşmasına neden olan bir araçtır ve bunun sonucunda da odunda sadece ligninin kalmasına neden olduğunu belirtmiştir [206]. Green ve arkadaşları, ile Shimada ve arkadaşları da benzer şekilde, oksalik asidin güçlü asit olmasında dolayı, oksalik asidin bazı hücre çeperi bileşenlerinin hidrolize olmasına neden olduğunu ve oksalik asitle modifiye edilmiş odunun modifiye olmamış olan oduna nazaran enzimlere karşı dirençlerinin daha az olduğunu bildirmişlerdir [210,211].

Odunu tahrip eden Basidiomycetes mantarları tarafından üretilen oksalik asit oksalat tuzları yapısındadır ve en yaygın olanı da kalsiyum oksalat dihidrattır. Bununla birlikte, kalsiyum oksalat çökmesinin fonksiyonel önemi henüz tam olarak açıklanamamaktadır. Bech-Anderson, kalsiyum oksalat üretiminin nedenini mantar tarafından üretilen oksalik asidi nötr hale gelmesini sağlamak olduğunu açıklamaktadır ve böylece mantar kendisine herhangi bir zarar vermeden oksalik asit üretimine devam etmesi sağlamaktadır [206]. Kalsiyum çoğunlukla odunda en fazla bulunan metaldir. Kalsiyum hücre içerisinde çok sıkı şekilde kontrol altında tutulur ve dışardan ilave edilen kalsiyum konsantrasyonları modifikasyona uğratarak kalsiyum oksalata dönüştürülür [212].

Esmer çürüklük mantarlarının yanında *Coriolus versicolor*, *Heterobasidion annosum*, *Pleurotus florida* and *Phanerochaete chrysosporium* gibi bazı beyaz çürüklük mantarlarının da sıvı besin ortamında oksalat ürettikleri tespit edilmiştir. Bununla birlikte, mantarların aktif büyüme sürecindeki oksalat birikiminin çok az olduğu bildirilmiştir [213]. Buna ilaveten, oksalat birikimin esmer çürüklük mantarları tarafından üretilen oksalatların aksine besin ortamının pH'sını düşürmediği rapor edilmiştir [213].

Uzun yıllardır bakıra karşı dirençli olan mantarların mekanizmasını aydınlatmak üzere birçok çalışma yürütülmesine rağmen, bakır ve odunu tahrip eden bakıra karşı dirençli mantarlar arasındaki ilişki ve mekanizma henüz tam olarak açıklanamamıştır. *Postia* türü bakıra dirençli mantarlar üzerine birkaç araştırmacı çeşitli çalışmalar yürütmüşlerdir [203,205,214]. Levi, *P. incrassata* (Berk. & Curtis) Burt. and *P. vaporatii* mantarlarının bakıra karşı direnç mekanizmasını, bu mantarların suda çözünebilen bakır sülfatı suda çözünmeyen ve mantarlara karşı daha az zehirli olan bakır oksalatlara dönüştürmeleri şeklinde açıklamıştır [203]. Levi [203] ve Chou [214], *P. placenta* Murr. mantarı için benzer mekanizmayı tespit ederlerken, *P. vaillantii* mantarı için bu mekanizmanın olmadığını bildirmişlerdir. Levi, *P. vaillantii* mantarının hüflerinin civarında mikro kristal yapılar tespit etmiştir ve bunun bakır sülfat olduğu

düşünülmektedir [203]. Buna ilaveten, Levi, sıvı besin ortamının pH'sının düşmesiyle mantarın bakır sülfata karşı direncinin arttığını ve verilen bakır sülfat konsantrasyonunda mantarın büyüme hızının arttığını görsel olarak gözlemlemiştir [203]. Chou da benzer sonuçları tespit etmiş ve *P. vaillantii* mantarının sitoplazmasında dağılmış olarak sülfür, fosfor ve bakır granüllerini (taneciklerini) bulmuştur [214]. Bununla birlikte, mantar, odun örneklerinde büyüdüğünde bakır oksalat ve bakır sülfat kristalleri veya tanecikleri tespit edilememiştir. Levi, bakır oksalatın odunu tahrip eden ; *P. monticola*, *P. vaporea*, *Coniophora cerebella* ve *Lenzites trabea* mantarlarına karşı zehirliğini test etmiş ve bütün mantarlar için bakır oksalatın bakır sülfata oranla daha az zehirli olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, bakır oksalat da bu çalışma kapsamında kullanılan mantarların büyümesini yavaşlatmış ve engellemiştir [203].

Bir başka çalışmada, Sutter ve arkadaşları, *P. placenta* (Fr.) ve *P. vaillantii* (Pers.) Fr mantarlarının bakıra karşı direnç mekanizmasını çam diri odunundan alınan teğet ince olarak kesilmiş örnekler bakır sülfat pentahidrat veya bakır naftenat ile empenye ederek araştırmışlardır [205]. Her iki mantarın da bakırı bakır oksalata çökelterek| bakırı çözünürlüğü daha az olan bakır komplekslerine dönüştürdükleri bildirilmiştir. Ayrıca\ tespit edilen bakır oksalat kristallerinin lümenler içerisinde depolandığı ve odunun yüzeyine taşındığı tespit edilmiştir. Birçok araştırmacının bakır oksalat kristallerinin çözünürlüğünün düşük olduğunu bildirmesiyle birlikte, Morrell yaptığı çalışmada, tespit edilen kristallerin de yıkanmaya karşı hassas olduğunu ve bunun da bakırın büyük oranda yıkanmasına neden olabileceğini bildirmiştir [215].

Sutter ve Jones, *Postia* (*P. placenta* ve *P. vaillantii*) ve *Phialophora* (*Ph. malorum* ve *Ph. mutabilis*) türü mantarların bakıra karşı tolerans mekanizmalarını araştırmışlar ve her tür için farklı bir mekanizmanın olduğunu bildirmişlerdir [205]. *Postia* türü mantarlarda da bakıra karşı direnç mekanizması, daha önceki araştırmacıların da belirttiği gibi, bakırın oksalata çökmesi şeklinde gerçekleşirken, bakıra toleranslı olan *Phialophora* türü mantarlar bakır içeren besin ortamında oldukça zayıf bir gelişim göstermişlerdir, ancak bunların hayatlarını uzun süre devam ettirebildikleri bildirilmiştir [205].

Daniel ve Nilson, *Phialophora* türü mantarların bakır, arsenik veya bakır-krom-arsenik (CCA) ilavesiyle hazırlanan besin ortamında farklı büyüme hızı ve kapasitesi gösterdiğini gözlemlemiştir [216]. Ayrıca, Boliden K33 empenye maddesiyle empenye edilen kayın örneklerinde *Phialophora* türü mantarlarının 7.5 ay sonunda K33'ü çok iyi bozundurma

kapasitesine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Ancak, çam odunu örneklerinde mantar miselleri tarafından tamamen sarılmasına rağmen, *Phialophora* türü mantarların odunda herhangi bir tahribat söz konusu olmamıştır [216].

Duncan, toluen esaslı çözücüler kullanarak bakır naftenatla emprenye edilen örnekler bazı esmer çürüklük mantarlarına maruz bırakılması durumunda yüksek bakır konsantrasyonlarında (0.085-0.175 pcf) emprenye edilen örneklerde yüksek oranda ağırlık kayıpları tespit etmiştir. Bakır bileşikleri petrol ürünleri kullanılarak çözündürüldüğünde yıkanmaya karşı daha fazla hassas olduğunu bildirmiştir [217]. Williams ve Fox, bazı bakır esaslı emprenye maddelerinin bakıra karşı dirençli olan bazı esmer çürüklük mantarlarına karşı performanslarını araştırmışlardır. Özellikle amonyak esaslı bakır içeren emprenye maddelerinin kullanıldığında amonyak nedeniyle mantarlar için oluşan avantajlı durumun daha yüksek bakır konsantrasyonu ilavesiyle giderilmesi gerektiğini bildirmişlerdir [218].

Son yıllarda arsenik içeren emprenye maddelerinin çevreye karşı zararlarından dolayı artan kaygı ve baskılar nedeniyle arsenik içermeyen bakır esaslı emprenye maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Green III ve Clausen, bakır sitrat (CC bakır-krom) emprenye maddesiyle sarı çam örneklerini emprenye ederek 15 esmer çürüklük mantarına maruz bırakmış ve mantarların oksalik asit üretimini belirlemişlerdir [219]. Bu çalışmada, 10. haftanın sonunda odun örneklerinde % 20-55 arasında ağırlık kaybı tespit edilmiştir. Kullanılan 15 mantarın 10 tanesinin bakıra toleranslı olduğu ve 2 tanesinin de bakıra karşı hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ilk iki haftada mantarlar tarafından üretilen oksalik asitin o mantarın bakıra karşı toleransının bir göstergesi olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılan mantarlardan *Antrodia vaillantii* mantarının bakıra karşı en fazla dirençli tür olduğu, bakıra karşı en hassas mantarın ise *Tyromyces palustris* olduğu bildirilmiştir. Bu araştırmanın sonucunda ortaya çıkan en önemli nokta ise ağaç malzemenin çürüklük riskinin yüksek olduğu ve toprakla temas halindeki ağaç malzemelerin CC ile emprenye edilerek kullanılması durumunda, bu maddelerin bakıra toleranslı mantarlara karşı hassas olması nedeniyle daha yüksek konsantrasyonla emprenye edilmesi gerekliliği veya arseniğin yerine başka bir kimyasal maddenin ilavesi gerekliliğini ortaya koymasındır [220].

Bakıra toleranslı mantarlar tarafından odunda bakır oksalat kristallerinin çökmesi ve esmer çürüklük mantarları tarafından oksalik asitin üretilmesi bakıra karşı mantarların tolerans mekanizmasında oksalik asitin rolü olduğu daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Son

yıllarda bakır esaslı odun koruyucu maddelerin kullanımının artması nedeniyle, bakıra toleranslı mantarların mekanizmasında oksalik asitin rolünü ortaya koymak önemlidir. Clausen ve Green III tarafından yapılan çalışmada, bakıra karşı toleranslı 4 esmer çürüklük mantarların (*Poria placenta*, *M. incrassata*, *W. cocos* ve *A. vaillantii*) ACQ-B, ACQ-D, CC (bakır-krom (bakır-sitrat)), CCA ve organik çözücülerde çözünen bakır esaslı (oksin bakır) emprenye maddeleri ile emprenyeli sarıçam örneklerindeki çürüklük kapasiteleri ve bu mantarlara maruz bırakılan emprenyeli örneklerde başlangıç aşamasındaki oksalik asit üretimi değerlendirilmiştir [221]. Emprenyeli odun örneklerindeki ağırlık kayıpları 4. haftanın sonunda %14'den daha az gerçekleşmiştir. Bakır mevcudiyetinde, örnekler mantarlara maruz bırakıldıktan sonra 2. haftanın sonunda, mantarlar tarafından üretilen oksalik asit miktarının emprenyesiz kontrol örneklerine oranla %66 ile %93 arasında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Oksin bakır emprenye maddesi hem mantarların örneklerde neden olduğu ağırlık kayıplarını hem de mantarlar tarafından üretilen oksalik asidi önlemiştir [221].

4. Kaynaklar

1. Bozkurt, A.Y., Göker, Y. and Erdin, N. 1993. Emprenye Tekniği. İ.Ü. yayın no:3878, Orman Fakültesi yayın no:432. İstanbul.
2. Kişisel görüşme. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü. Trabzon.
3. Kişisel görüşme. Orman Genel Müdürlüğü. Ankara.
4. Kişisel görüşme. TEDAŞ Bölge Müdürlüğü. Ankara.
5. Cooper, P.A. 1994. Disposal of treated wood removed from service: The issues. Environmental considerations in the manufacture, use, and disposal of preservative-treated wood proceedings. Forest Products Society, Wisconsin, USA. 85-90.
6. Felton, C.C. and DeGroot R.C. 1996. The recycling potential of preservative-treated wood. Forest Products Journal. 46(7/8):37-46.
7. Malecki, R. L. 1994. Treated wood disposal: The electric utility perspective. Environmental considerations in the manufacture, use, and disposal of preservative-treated wood proceedings. Forest Products Society, Wisconsin, USA. 91-95.
8. McQueen, J. and Stevens, J. 1998. Disposal of CCA-treated wood. Forest Products Journal. 48(11/12):86-90.
9. Helsen, L., Bulck, E.V. and Hery, J.S. 1998. Total recycling of CCA treated wood waste by low-temperature pyrolysis. Waste Management. 18: 571-578.
10. Hingston, J.A., Collins, C.D., Murphy, R.J. and Lester, J.N. 2001. Environmental Pollution. 111:53-66.
11. Hay, E., Derazon, H., Eisenberg, Y. and Natalia, B. 2000. Suicide by ingestion of a CCA wood preservative. The Journal of Emergency Medicine. 19(2):159-163.
12. Richardson, B.A. 1993. Wood Preservation. Second edition. Chapter 1. Preservation Technology. Chapman & Hall Press, NY.
13. Wilkinson, J.G. 1979. Industrial Timber Preservation. Associated Business Press., London, England, UK. pp. 532.
14. Anderson, D.G. 1990. The accelerated fixation of chromated copper preservative treated wood. AWP, 1990, 129-141
15. Anonymous. 1987. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. USDA, Forest Service. Agriculture handbook 72. Washington, DC. USA.

16. Lebow, S. 1996. Leaching of wood preservative components and their mobility in the Environment . USDA, Forest Products Lab. Madison, Wisconsin. USA.
17. Pizzi, A. 1983. A new approach to the formulation and application of CCA preservatives. Wood Science and Technology. 17:303-319.
18. Pizzi, A. 1990. Chromium interactions in CCA/CCB wood preservatives. Part I. Holzforshung. 44(5):373-380.
19. Pizzi, A. 1990. Chromium interactions in CCA/CCB wood preservatives. Part II. Holzforshung. 44(8):419-424.
20. Dahlgren, S.E. 1975. Some practical Implications from recent research on the fixation of CCA preservatives. IRG/WP 75-358.
21. Cooper, P.A. and Ung, T. 1989. Moderate temperature fixation of CCA-C. The International Res. Group on Wood Preservation 30th annual meeting, Finland. IRG/WP 89-3522.
22. McNamara, W.S. 1989. CCA fixation experiments-Part I. The International Res. Group on Wood Preservation 30th annual meeting, Finland. IRG/WP 89-3522.
23. Dahlgren, S.E. 1972. The course of fixation of Cu-Cr-As wood preservatives. Record Annual Convention British Wood Preservers' Association; 109-128.
24. Dahlgren, S.E. and Hartford, W.H. 1972. Kinetics and mechanism of fixation of Cu-Cr-As wood preservatives. Part I. PH behaviour and general aspects of fixation. Holzforschung. 26:62-69.
25. Cooper, P.A. 1991. Cation exchange adsorption of copper on wood. Wood Protection. 1(1):9-14.
26. Pizzi, A. 1981. The chemistry and kinetic behaviour of Cu-Cr-As/B wood preservatives. I. Fixation of chromium on wood. Journal of Polymer Science. Chemistry Ed. 19:3093-3121.
27. Pizzi, A. 1982. The chemistry and kinetic behaviour of Cu-Cr-As/B wood preservatives. II. Fixation of the Cu/Cr system on wood. Journal of Polymer Science. Chemistry Ed. 20:707-724
28. Hartford, W. 1986. The practical chemistry of CCA in service. In: Proceedings, American Wood Preservers' Association; 84: 28-42.
29. Pizzi, A. 1983. Practical consequences of the clarification of the mechanism of CCA fixation to wood. The International Res. Group on Wood Preservation 16th annual meeting. IRG/WP 83-3220.

30. Ostmeyer, J.G., Elder, T.J. and Winandy, J.E. 1989. Spectroscopic analysis of Shouthern Pine treated with chromated copper arsenate. II. Diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy (DRIFT). *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 9(1):105-122.
31. Petty, J.A. and Preston R.D. 1968. Electron probe micro-analysis of metals in cell walls of conifer wood treated with preservatives. *Holzforschung*. 22(6): 174-177.
32. Chou, C.K., Chandler, J.A. and Preston, R.D. 1973. Microdistribution of metal elements in wood impregnated with CCA preservative as determined by analytical electron microscopy. *Wood Science and Technology*. 17:151-160.
33. Chou, C.K., Chandler, J.A. and Preston, R.D. 1973. Up-take of metal toxicants by fungal hyphae colonising CCA-impregnated wood. *Wood Science and Technology*. 17:206-211.
34. Kaldas, M. and Cooper, P.A. 1996. Efect of wood moisture content on rate of fixation and leachability of CCA-treated red pine. *Forest Products Journal*. 46(10):67-71.
35. Lebow, S.T., Foster, D.O. and Lebow, P.K. 1999. Release of copper, chromium and arsenic from treated southern pine exposed in seawater and freshwater. *Forest Products Journal*. 49(7/8)::80-89.
36. Ung, Y.T. and Cooper, P.A. 1996. Feasibility of drying CCA-treated red pine poles during fixation. *Forest Products Journal*. 46(6):46-50.
37. Boone, R.S., Winandy, J.E. and Fuller, J.J. 1995. Effects of re-drying schedule on preservative fixation and strength of CCA treated lumber. *Forest Products Journal*. 45(9):65-73.
38. Cooper, P.A. 1991. Leaching of CCA from treated wood: pH effects. *Forest Products Journal*. 41(1):30-32.
39. Nicholas, D.D. and Preston, A.F. 1984. Interaction of preservatives with wood: In *Chemistry of Solid Wood*. American Chemical Society, Madison. Wisconsin. 307-320.
40. Arsenault, R.D. 1975. CCA-Treated wood foundations a study of performance, effectiveness, durability, and environmental considerations. *AWPA*, 126-136.
41. Jorge, F.S., Santos, T.M., Jesus, J.P. and Banks, W.B. 1999. Reactions between Cr(VI) and wood and its model compounds Part I. *Wood Science and Technology*. 33:487-499.
42. Bull, D.C. 2001. The chemistry of chromated copper arsenate II. Preservative-wood interactions. *Wood Science and Technology*. 34:459-466.
43. Bull, D.C. 2001. The chemistry of chromated copper arsenate. *Wood Science and Technology*. 34:367-376.

44. Cooper, P.A. 1994. Leaching of CCA: is it a problem? Environmental considerations in the manufacture, use, and disposal of preservative-treated wood proceedings. Forest Products Society, Wisconsin, USA. 45-57.
45. Cooper, P.A. 1990. Leaching of CCA from treated wood. Proc. Canad. Wood Preserv. Assoc. 11: 144-169.
46. Cserjesi, A.J. 1976. Permanence of preservatives in treated experimental shake roofs. Forest Prod. J. 26: 34-39.
47. Rak, J.R. and MR. Clarke. 1974. Leachability of new water-borne preservative systems for treated wood products. Proc. Amer. Wood. Preserv. Assoc. 70: 27-32.
48. Cockroft, R, and R.A Laidlaw. 1978. Factors affecting leaching of preservatives in practice. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG/WP/3113.
49. Homan, W.J., H. Militz and D.A. Lewis. 1993. Applications of the shower test: Part a. Results from CCA type C treated wood: Influence of fixation process. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG/WP 93-50009.
50. Teichman, T. and J.L. Monkman. 1966. An investigation of inorganic wood preservatives: I. The stability to extraction of arsenic impregnated hardwood. Holzforschung 20: 125-127.
51. Huang, C. and Cooper, P.A. 2000. Cement-bonded particleboards using CCA-treated wood removed from service. Forest Products Journal. 2000. 50(6):49-56.
52. DeGroot, R.C. and Evans, J. 1999. Does more preservative mean a better product? Forest Products Journal. 49(9):59-68.
53. Petric, M., Murphy, R.J. and Morris, I. 2000. Microdistribution of some copper and zinc containing waterborne and organic solvent wood preservatives in spruce wood cell walls. Holzforschung. 54(1):23-26.
54. Rayner, A.D.M. and L. Boddy. 1988. Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology. John Willey & Sons Press. NY.
55. Ruddick, J.N.R., Yamamoto, K. and Herring, F.G. 1994. The influence of accelerated fixation on the stability of chromium (V) in CCA-treated wood. Holzforschung. 48(1):1-3.
56. Blankenhorn, P.R., Silsbee, M.R., Blankenhorn, B.D, DiCola, M. and Kessler, K. 1999. Temperature and moisture effects on selected properties of wood fiber-cement composites. Cement and Concrete Research. 29:737-741.

57. Eaton, R.A. and M.D.C. Hale. 1993. Wood: Decay, pests and protection. Chapman & Hall. New York, NY.
58. Jorge, F.S., Santos, T.M., Jesus, J.P. and Banks, W.B. 1999. Reactions between Cr(VI) and wood and its model compounds Part II. Wood Science and Technology. 33:501-517.
59. Lee, A.W.C, Grafton III, J.C and Tainter, F.H. 1993. Effect of rapid redrying shortly after treatment on leachability of CCA treated southern pine. Forest Products Journal. 43(2):37-40.
60. Cooper, P.A. and Y.T. Ung. 1992. Leaching of CCA-C from jack pine sapwood in compost. Forest Prod. 1.42:57-59.
61. Evans, F.G. 1987. Leaching from CCA-impregnated wood to food, drinking water and silage. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG-WP 3433.
62. Warner, J.J.L and K.R. Solomon. 1990. Acidity as a factor in leaching of copper, chromium and arsenic from CCA treated dimension lumber. Environ. Toxicology Chem. 9:1331-1337.
63. Kim, J.J. and G.R Kim. 1993. Leaching of CCA components from treated wood under acidic conditions. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG-WP 93-50004.
64. Murphy, R.J. and D.J. Dickinson. 1990. The effect of acid rain on CCA treated timber. Int. Res. Group On Wood Presev. Doc. IRG-WP 3579.
65. Plackett, D.V. 1984. Leaching tests on CCA-treated wood using inorganic salt solutions. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG-WP 3310.
66. Berghoim, J. 1992. Leakage of arsenic, copper and chromium from preserved wooden dups deposited in soil: An eleven year old field experiment Swedish Wood Preserv. hist. Rep. 166.
67. Nicholson, J. and M.P. Levi 1971. The fixation of CCA preservatives in spotted gum. Record British Wood Preserv. Ann. Conv.: 77-90
68. Arsenauk, R.D. 1975. CCA-treated wood foundations - A study of permanence, effectiveness, durability and environmental considerations. Proc. Am. Wood Preserv. Assoc. 71: 126-146.
69. Suzuki, K. and H. Sonobe. 1993. The results of the detection of CCA components in soil contacted with CCA treated wood. Int. Res. Group On Wood Preservation.
70. Hedley, M.E. 1984. Inadequacies in preservative retention and formulation as contributory causes of premature failure of CCA treated vineyard posts. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG-WP 1984-32

71. Evans, F.G. and M.L. Edlund. 1993. Leaching from field test stakes: Results from two different methods of analysis. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc. IRG-WP 1993-50013.
72. Jin, L., K. Archer and A.F. Preston. 1992. Depletion and biodeterioration studies with developmental wood preservative formulations. Proc. Am. Wood Preserv. Assoc. 13: 108-125.
73. Zabel, R.A. and J.J. Morrell. 1992. Wood Microbiology: Decay and Its Prevention. Academic Press, Inc. California. USA.
74. Yıldız, Ü.C. 2000. Odun Koruma Ders notları. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Trabzon.
75. Yıldız, Ü.C. 2000. Odun Zararlıları Ders notları. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Trabzon.
76. Cooper, P.A. 1994. Full cost accounting evaluation of CCA treated wood poles manufactured by Guelph Utility Pole Co. Ltd., Guelph, Ont. Canada
77. Forintek Canada Corp. 1991. Building materials in the context of sustainable development: An analytical framework. Forintek Canada Corporation and Wayne B. Trusty & Associates.
78. Forintek Canada Corp. 1993. Building materials in the context of sustainable development: Research guidelines. Forintek Canada Corporation.
79. Erlandsson, M., K. Odeen and M.L. Edlund. 1992. Environmental consequences of various materials in utility poles-A life cycle analysis. Int. Res. Group On Wood Preserv. Doc.IRG/WP/3726-92.
80. Dowdy, R.H. and V.V. Volk. 1983. Movement of heavy metals in soils, p. 229-240. In D.W. Nelson (ed.) Chemical Mobility And Reactivity In Soil Systems, Spec. Publ. 11, ASA, Madison, WI. USA.
81. Alloway, B.J. 1990. Soil processes and the behaviour of metals, p. 7-28. In B.J. Alloway (ed.) Heavy Metals In Soils, John Wiley and Sons Inc., New York.USA.
82. Korte, N.E., J. Skopp, W.H. Fuller, E.E. Niebla and B.A. Alesil 1976. Trace element movement in soils: Influence of soil physical and chemical properties. Soil Sc. 122: 350-359.
83. DeGroot, R.C., T.W. Popham, I.R. Gjovik and T. Forehand. 1979. Distribution gradients of arsenic, copper and chromium around preservative treated wooden stakes. J. Environ. Qual. 8: 39-41.

84. Lund, U. and A Fobian. 1991. Pollution of two soils by arsenic, chromium and copper, Denmark. *Geodenna* 49: 83-103.
85. McGrath, S.P. and S. Smith. 1990. Chromium and nickel p. 125-150. In B.J. Alloway (ed.) *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York.
86. James, B.R. and R.J. Bartlett. 1983. Behaviour of chromium in soils: V. Fate of organically complexed Cr(III) added to soil. *J. Environ. Qual.* 12: 159-172.
87. Bartlett, R.J. and J.M. Kimble. 1976. Behaviour of chromium in soils: I. Trivalent forms. *J. Environ. Qual.* 5: 379-383.
88. James, B.R and R.J. Bartlett. 1983. Behaviour of chromium in soils: VTJ. Adsorption and reduction hexavalent forms. *J. Environ. Qual* 12: 177-181.
89. Bartlett, R.J. and J.M. Kimble. 1976. Behaviour of chromium in soils: n. Hexavalent forms. *J. Environ. Qual.* 5: 383-386.
90. James, B.R. and R.J. Bartlett. 1983. Behaviour of chromium in soils: VI. Interactions between oxidation-reduction and organic complexation. *J. Environ. Qual.* 12: 173-176.
91. Arriola, J. and W.J. Fuller. 1979. Effect of crushed limestone barriers on chromium attenuation in soils. *J. Environ. Qual.* 8: 503-510.
92. Grove, J.H. and B.G. Ellis. 1980. Extractable chromium as related to soil pH and applied chromium. *Soil Sci Soc. Am. J.* 44: 238-242.
93. Bartlett, R.J. and B. James. 1979. Behaviour of chromium in soils: HI. Oxidation. *J. Environ. Qual.* 8: 31-35.
94. Baker, D.E. 1990. Copper, p. 151-176. In B.J. Alloway (ed.) *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York.
95. Tiller, K.G. and R.H. Merry. 1981. Copper pollution of agricultural soils, p. 119-137. In J.F. Loneragan, AD. Robson and G.D. Graham (ed.) *Copper In Soil's And Plants*, Academic Press, Toronto. Canada.
96. Stevenson, F.J. and A. Fitch. 1981. Reactions with organic matter, p. 69-95. In J.F. Loneragan, A.D. Robson and G.D. Graham (ed.) *Copper In Soils And Plants*, Academic Press, Toronto.
97. Newell, A.V. and J.G. Sanders. 1986. Relative copper binding capacities of dissolved organic compounds in a coastal plain estuary. *Environ. Sci. Tech.* 20: 817-821.
98. McBride, M.B. and D.R. Bouldin. 1984. Long-term reactions of copper(II) in a contaminated calcareous soil *Soil Sci Soc. Am. J.* 48: 56-59.

99. Payne, G.G., D.C. Martens, E.T. Karnegay and M.D. Lindermann. 1988. Availability and form of copper in three soils following eight annuals applications of copper-enriched swine manure. *J. Environ. Qual.* 17: 740-746.
100. Sanders, J.R. 1982. The effect of pH upon the copper and cupric ion concentrations in soft solutions. *J. Soft Sci* 33: 679-689.
101. MenzeL, R.G. and M.L. Jackson. 1950. Mechanism of sorption of hydros cupric ions by clays. *Sofl Sci Soc. Am. Proc.* 15: 122-124.
102. O'Neill, P. 1990. Arsenic, p. 83-99. In B.J. Alloway (ed.) *Heavy Metals In Soils*, John Wiley and Sons Inc., New York.
103. Bautista, E.M. and M. Alexander. 1972. Reduction of inorganic compounds by soil microorganisms. *Soil Sci Am. Proc.* 36: 918-920.
104. Jacobs, H.3., R.M. Reed, S.J. Thien and L.V. Withee. 1971. *Soils laboratory Exercise Source Book*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
105. Woolson, E.A, J.H. Axley and P.C. Kearney. 1973. The chemistry and phytotoxicity of arsenic in soils: n. Effects of time and phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37: 254-259.
106. Elkhatib, E.A., O.L. Bennet and R.J. Wright. 1984. Arsenfte sorption and desorption in soils. *Soil Set Soc. Am. J.* 48: 1025-1030.
107. Livesey, N.T. and P.M. Huang. 1981. Adsorption of arsenate by soils and its relation to selected chemical properties and anions. *Soil Sci* 131: 88-94.
108. Frost, R.R. and R.A. Griffin. 1977. Effect of pH on adsorption of arsenic and selenium from landfill leachate by clay minerals. *Soil Sci Soc. Am. J.* 41: 53-57.
109. Hess, R.E. and R.W. Blanchar. 19 76. Arsenic stability in contaminated soils. *Soil Sci Soc. Am. J.* 40: 847-852.
110. Clausen, C.A. 1997. Enhanced removal of CCA from treated wood by *Bacillus licheniformis* in continuous cultures. The International Res. Group on Wood Preservation 28th annual meeting, Whistler, B.C., Canada. IRG/WP 97-50083.
111. Clausen, C.A. and Smith, R.L. 1998. CCA removal from treated wood by chemical, mechanical, and microbial processing. The Int. Res. Group on Wood Preservation. Proceedings of the 4th international wood preservation symposium ; The challenge-safety and environment, Cannes, France, 2-3 February 1998. IRG/WP 98-50101.
112. Yang, V.W. and Illman, B.L. 1999. Optimum growth conditions for the metal-tolerant wood decay fungus, *Meruliporia incrassata* TFFH 294. The International Res. Group on Wood Preservation 30th annual meeting, Rosenheim, Germany. IRG/WP 99-50142.

113. DeGroot, R.C. and Woodward, B. 1999. Using copper-tolerant fungi to biodegrade wood treated with copper-based preservatives. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 44:17-27.
114. Crawford, D.M. and Clausen, C.A. Evaluation of wood treated with copper-based preservatives for Cu loss during exposure to heat and copper tolerant *Bacillus licheniformis*. The International Res. Group on Wood Preservation 30th annual meeting, Rosenheim, Germany. IRG/WP 99-20155.
115. Clausen, C.A. 2000. Isolating metal-tolerant bacteria capable of removing copper, chromium, and arsenic from treated wood. *Waste Management and Research*. 18:264-268.
116. Clausen, C.A. 2000a. CCA removal from treated wood using a dual remediation process. *Waste Management and Research*. 18:485-488.
117. Shiau, R.J., Smith, R.L. and Avelllar, B. 2000. Effects of steam explosion processing and organic acids on CCA removal from treated wood waste. *Wood Science and Technology*. 34:377-388.
118. Vick, C.B. 1991. Preliminary findings on adhesive bonding of CCA-treated southern pine. In: *Adhesives and bonded wood products: Proceedings of symposium*; 1991 November 19-21; Seattle, WA. USA Proceedings 4735:158-176.
119. Vick, C.B. 1995. Coupling agent improves durability of PRF bonds to CCA treated southern pine. *Forest Products Journal*. 45(3):78-84.
120. Vick, B.C. and Okkonen, E.A. 2000. Durability of one-part polyurethane bonds to improved by HMR coupling agent. *Forest Products Journal*. 50(10):69-75
121. Vick, C.B. 1997. Enhanced adhesion of melamine-urea and melamine adhesives to CCA-treated southern pine lumber. *Forest Products Journal*. 47(7/8):83-87.
122. Vick, C.B. 1997. More durable epoxy bonds to wood with hydroxymethylated resorcinol coupling agent. *Raw Materials*. Vol. 40(8):24-29.
123. Vick, C.B. and Christiansen, A.W. 1993. Cure of PRF adhesive in the presence of CCA-treated wood by differential scanning calorimetry. *Wood and Fiber Science*. 25(1):77-86.
124. Sellers, T. and Miller, G.D. 1997. Evaluations of three adhesive systems for CCA-treated lumber. *Forest Products Journal*. 47(10):73-76.
125. Vick, C.B., Geimer, R.L. and Wood, J.E. 1996. Flakeboards from recycled CCA-treated southern pine lumber. *Forest Products Journal*. 46(11/12):89-91.

126. Mengeloglu, F. and Gardner, D.J. 2000. Recycled CCA-treated lumber in flakeboards: Evaluation of adhesives and flakes. *Forest Products Journal*. 50(2):41-45.
127. Wolfe, R.W. and Gjinolli, A.1999. Durability and strength of cement-bonded wood particle composites made from construction waste. 49(2):24-31.
128. Clausen, C.A., Kartal, S.N. and Muehl, J. 2000. Properties of particleboard made from recycled CCA-treated wood. *Int. Res. Group on Wood Preservation 31st Annual meeting*, Hawaii, USA. IRG/WP 00-50146.
129. Kartal, S.N. and Clausen, C.A. 2001. Leachability and decay resistance of particleboard made from acid extracted and bioremediated CCA-treated wood. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 47:183-191.
130. Crawford, D., Fox, R., Kamden, P., Lebow, S., Nicholas, D., Pettry, D., Schultz, T., Sites, L. And Ziobro, R. 2002. Laboratory Studies of CCA-C Leaching: Influence of Wood and Soil Properties on Extent of Arsenic and Copper Depletion. *The International Research Group on Wood Preservation 33th Annual Meeting in Cardiff, Wales U.K.* IRG/WP 02-50186.
131. Taylor, J.L. and Cooper, P.A. 2001. Effect of Climate, Species, Preservative Concentration and Water Repellent on Leaching from CCA-Treated Lumber Exposed Above Ground. *The International Research Group on Wood Preservation 32th Annual Meeting in Nara, Japan*. IRG/WP 01-50178
132. Lin, L and Hse, C. 2002. Removal of CCA from Spent CCA-Treated Wood. *The International Research Group on Wood Preservation 33rd Annual Meeting in Cardiff, Wales, UK*. IRG/WP 02-50192.
133. Venkatasamy. R.2002. The effects of pH leaching of copper-chrome-arsenate (CCA) from pressure-treated, Kenyan-grown *Eucalyptus saligna* ve *Acacia mearnsii*: Initial findings. *The International Research Group on Wood Preservation 33rd Annual Meeting in Cardiff, Wales, UK*. IRG/WP 02-30298.
134. Mateus, E.P., Ribeiro, A.B. ve Ottosen, L. 2002. Electrodialytic remediation of creosote and CCA treated timber wastes. *The International Research Group on Wood Preservation 33rd Annual Meeting in Cardiff, Wales, UK*. IRG/WP 02-30298.
135. Ribeiro, A.B., Mateus, E.P., Ottosen, L.M. ve Bech-Nielsen, G. 2000. Electrodialytic Removal of Cu, Cr, and As from Chromated Copper Arsenate-Treated Timber Waste. *Environmental Science and Technology*. 34(5): 784-788.
136. Velizarova, E., Ribeiro, A.B. and Ottosen, L.M. 2002. A comparative study on Cu, Cr and As removal from CAA-treated wood waste by dialytic and electrodialtic processes. *Journal of Hazardous Materials* 28(70):1-14.

137. Balasoiu, C.F., Zagury, G.J. and Deschenes, L. 2001. Partitioning and speciation of chromium, copper, and arsenic in CCA-contaminated soils: influence of soil composition. *The Science of The Total Environment*. 280:239-255.
138. Mehta, D., Puri, S., Sing, N., Garg, M.L., Trehan, P.N. 1999. Angular Dependence of L X-Ray Production Cross Section in Uranium at 22.6 and 59.5 keV Photon Energies, *Physical Review A*, 59: 2723.
139. Jenkins, R., De Vries, J.L. 1969. Practical X-ray spectrometry, Philips Technical Library, Springer-Verlag New York Inc. USA.
140. Espen, P.V., A Generalized Approach to Quantitative Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Analysis Using Fundamental Parameters, Antwerpen, 1991.
141. Yüksek, T., Rize-Pazar Deresi Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri İle Aşınım Eğilimi Değerlerinin Araştırılması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 2001.
142. Çepel, N., Toprak Fiziği, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No:374, İstanbul, 1985.
143. Bates, T.E., Soil Handling and Preparation, Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Chapter 3, 19-23, Florida, 1993 Lewis Publishers.
144. Karaöz, Ö. Toprakların Su Ekonomisine İlişkin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Laboratuarda Belirlenmesi Yöntemleri, *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi.*, B, 39,2 (1989), 133-143.
145. Miford, M.H., Introduction to Soils and Soil Science (Laboratory Excercises), Kendall/Hunt Publishing, Co., Iowa, 1991.
146. Sheldrick, B.H., Wang, C., Particle Size Distribution Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Chapter 47, 19-23, Florida, 1993 Lewis Publishers.
147. Gülçür, F., Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü. Orman Fak. Yay. No:201, İstanbul, 1972.
148. Topp, G.C., Soil Water Content, Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, Chapter 50, 529-540, Florida, 1993 Lewis Publishers.
149. Karaöz, Ö, Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, Karbonat, Tuzluluk, Organik Madde, Total Azot, Yararlanılabilir Fosfor) Analiz Yöntemleri. *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi.*, Seri B, Cilt 39, Sayı 3 (1989), 64-82.
150. Kişisel görüşme. Devlet Meteoroloji Müdürlüğü. Ankara.

151. American Wood Preservers' Association. 2001. AWP Standard M113-01. A Guideline for the Physical Inspection of Poles in Service. AWP, Woodstock, MD, USA.
152. Wang, C.J.K and Zabel, R.A. 1990. Identification Manual for Fungi from Utility Poles in the Eastern United States. Allen Press, Inc. Lawrence, Kansas. USA.
153. Cooper, P.A.2001. Kişisel görüşme. Department of wood Science. University of Toronto. Canada.
154. Ruddick. 2001. Kişisel görüşme. Department of wood Science. University of British Columbia. Vancouver, B.C. Canada.
155. Clausen, C.A. 2001. Kişisel görüşme. Forest Products Laboratory. USDA. Madison, WI. USA.
156. American Wood Preservers' Association. 2001. AWP Standard E11-01. Standard Method of Determining the Leachability of Wood Preservatives. AWP, Woodstock, MD, USA.
157. American Wood Preservers' Association. 2001. AWP Standard A9-01. Standard Method of Determining the Cu, Cr and As Concentration by XRF. AWP, Woodstock, MD, USA.
158. Scheffer, T.C. 1971. A climate index for estimating potential for decay in wood structures. Forest Products Journal. 21(10):25-31.
159. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. B.19.1.DMİ.0.77.00.03.1160.4.34.29 sayılı 19.06.2003 tarihli rasat verileri konusundaki yazısı.
160. Albuquerque, R.M. Graig, S.M. ve Icely, J.D. 1996. Leaching of CCA treated wood submerged in seawater. IRG/WP/96-50080. Stockholm, Sweden.
161. Fahlstrom, G.B., Gunning, P.E. ve Carlson, J.A. 1967. Copper chrome-arsenate wood preservatives: a study of influence of composition. on treatability. Forest Products Journal. 17(7):17-22.
162. Evans, F.G. 1987. Leaching from CCA-impregnated wood to food, drinking water and silage. IRG/WP/00-50162. Stockholm, Sweden.
163. Kalay, H.Z., Rize Masifinde Bazı Toprak Özelliklerinin Yükselti Basamaklarına Göre Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi (Basılmamış), İ.Ü. Orman Fakültesi, Bahçeköy, 1979.
164. Türüdü, Ö.A., Trabzon İli Hamsiköyü Yöresindeki Yüksek Arazide Aynı Bakıda Bulunan Ladin Ormanı, Kayın Ormanı, Çayır ve Mısır Tarlası Topraklarının Bazı

- Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması, K.T.Ü. Orman Fak. Yayın No:13, Trabzon, 1981.
165. Ateşalp, M., Aşırı Kireçlenmenin Doğu Karadeniz Bölgesi Asit Topraklarının Makro ve mikro besin maddeleri Kapsamlarına ve Verimlerine Etkisi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:72, Ankara 1972.
 166. Eyüpoğlu, F., Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:220, Ankara 1999.
 167. Bayraklı, F., Bayburt-Erzincan Ovaları ile Rize bölgesi Topraklarının Fosfor Durumları Üzerine Bir Araştırma. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 398, Erzurum 1975.
 168. Gülçur, F., Rize Mıntıkasında, Hümid Şartlar Altında Gelişmiş Bazı Bakir Toprakların Kil Fraksiyonlarında Kimyasal ve Mineorolojik Özellikler Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, B, 8,2,(1958)35-89.
 169. Karagül, R., Trabzon-Söğütödere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şartları Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri İle Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994, Trabzon.
 170. Anşin, R., Yüksek, T., Eminağaoğlu, Ö., Research on The Flora and Soil Properties of Pinus Pinea L. Stands Near Fıstıklı Village in Artvin, XI. World Forestry Congress, NP, T1-0045, 13-22 October, 1997, Antalya/Turkey.
 171. Hudson, B.D., Soil Organic Matter and Available Water Capacity. Jour. of Soil and Water Conservation Vol. 49, 2 (1994), 189-194.
 172. Jamson, V.C., and Kroth, E.M., Available Moisture Storage Capacity in Relation to Textural Composition and Organic Matter Content of Several Missouri Soils, Soil Sci. Soc. of America, Vol. 22, No:3, (1958), 189-192.
 173. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları. 1991. Doğu Karadeniz Havzası Toprakları, raporlar serisi no: 92. 72 sayfa.
 174. Rize İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No:53, Ankara, 1993.
 175. Atalay, İ., Toprak Coğrafyası, E.Ü., Sosyal Bilimler Fakültesi Yayın No: 8, İzmir 1982.
 176. Akalan, İ., Toprak (Oluşu, Yapısı ve Özellikleri), A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 356, Ankara, 1968.
 177. Micklewright, James T. 1998. Wood preservation statistics. American Wood-Preservers' Association. Woodstock, MD.
 178. Alloway, B J. 1990. Heavy metals in soils. Black and Son, Ltd., Glasgow and London, USA.

179. United States Department of Agriculture. 1980. Cooperative Impact Assessment Report. The biologic and economic assessment of pentachlorophenol, inorganic arsenicals, creosote. Volume I: Wood Preservatives.
180. United States Environmental Protection Agency. 1978. Environmental Health Advisory Committee Science Advisory Board. Report of the AD hoc study group on pentachlorophenol contaminants.
181. Lyioke, Ike. 07/08/99. Arsenic. <http://www.iet.msu.edu/iournal/arsenic.htm>.
182. Masscheleyn, P.M., Delaune, R.D., and Patrick, W.H., Jr. 1991. Heavy metals in the environment. Journal of Environmental Quality 20:522-527.
183. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Public Health Statement Copper. 07/08/99. <http://www.atsdr.cdc.aov/ToxProfiles/Dhs9008.html>.
184. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Public Health Statement. Chromium. 07/08/99. <http://www.atsdr.cdc.Qov/ToxProfiles/Dhs8810.html>.
185. lyioke, Ike. 07/08/99. Chromium. <http://www.iet.msu.edu/iournal/chromium.htm>.
186. Rinehart, Terry L, Schulze D.G., Bricka R.M., Bajt, S., and Blatchley, E.R.III. 1997. Chromium leaching vs. oxidation state for a contaminated solidified/stabilized soil. Journal of Hazardous Materials 52(2-3):213-221.
187. Hale, Jeffery R., Foos, A., Zubrow, J.S., and Cook, J. 1997. Better characterization of arsenic and chromium in soils: a field-scale example. Journal of Soil Contamination 6(4):371-398.
188. Sheppard, Marsha I., and Thibault, D.H. 1991. A four-year mobility study of selected trace elements and heavy metals. Journal of Environmental Quality 20(2): 101-114.
189. Chirenje, T., Ma, L.Q., Clark, C. And Reeves, M. 2003. Cu, Cr and As distribution in soil adjacent to pressure-treated decks, fences and poles. Environmental Pollution. 124:407-417.
190. Cooper, P.A. and Ung, Y.T. 1997. Environmental impact of CCA poles in service. International Research Group on Wood Preservation 28th Annual Meeting, Whistler, Canada.
191. Erdin, N., Kartal, S.N., Doğu, A.D. and Engür, M.O. 1998. The content and mobility of copper, chromium and arsenic in the soil of a wood preserving plant using CCA. International Research Group on Wood Preservation 28th Annual Meeting, Stockholm, Sweden.
192. Zabel, R.A., Lombard, F.F., Wang, C.J.K. ve Terracina, F. 1985. Fungi associated with decay in treated southern pine utility poles in the Eastern United States. Wood and Fiber Science. 17(1):75-91.

193. TEDAŞ Genel Müdürlüğü. [Http://www.tedas.gov.tr](http://www.tedas.gov.tr)
194. Mazela, B. 2000. Changes of copper and chromium content after leaching in wood impregnated with the CCB and CB preservatives. International Research Group on Wood Preservation 31st Annual Meeting. Kona, Hawaii, USA.
195. Mazela, B. 2000. Estimation of leachability of copper and chromium compounds from wood impregnated with the CCB and CB preservatives. Drevarsky Vyskum. 45(1):33-42.
196. Kihn, J. C.; Mestdagh, M. M. and Rouxhet, P. G. 1987. ESR study of copper (II) retention by entire cells, cell walls, and protoplasts of *Saccharomyces cerevisiae*. Canadian Journal of Microbiology. 33:777-782.
197. Sutter, H. P.; Jones, E. B. G. and Walchli, O. 1985. Occurrence of crystalline hyphal sheaths in *Poria Placenta* (Fr.) Cke. Applied and Environmental Microbiology. 24:19-23.
198. Avery, S. V.; Howlett, N. G. and Radice, S. 1996. Copper toxicity towards *Saccharomyces cerevisiae*: dependence on plasma membrane fatty acid composition. Applied and Environmental Microbiology. 62:3960-3966.
199. Cervantes, C. and Corona, F. G. 1994. Copper resistance mechanisms in bacteria and fungi. FEMS Microbiology Reviews 14:121-138.
200. Sutter, H. P. and Jones, E. B. G. 1985. Interaction copper and wood degrading fungi. B.W.P.A Annual Convection. UK.
201. Young, G. Y. 1961. Copper tolerance of wood-rotting fungi. USDA, Forest Products Lab. Report no: 2223. Madison, WI.
202. Da Costa, E. W. B., and Kerruish, R. M. 1964. Tolerance of *Poria* species to copper-based wood preservatives. Forest Products Journal. 4: 106-112.
203. Lewi, M. P. 1969. The mechanism of action of copper-chrome-arsenate preservatives against wood-destroying fungi. B.W.P.A Annual Convection. 113-127.
204. Shimada, M.; Akatmatsu, Y.; Ma, D. B. and Takahashi, M. 1992. New biochemical; aspects of oxalic acid production and decomposition by wood destroying fungi. 5th International Conference on Biotechnology in the Pulp and paper Industry. Kyoto, Japan. pp. 273-278.
205. Sutter, H. P.; Jones, E. B.G., and Walchli, O. 1983. The mechanism of Copper Tolerance in *Poria placenta* (Fr.)Cke. and *Poria vaillantii* (Pers.) Fr. Material und Organismen. 18(4):241-262.

206. Bech-Anderson, J. 1987. Production and neutralization of oxalic acid produced by the dry rot fungus and other brown rot fungi. International Research Group on Wood Preservation 18th Annual Meeting. IRG/WP/1330.
207. Illman, B.L.; Meinholtz, D.C. and Highly, T. L. 1988. Generation of hydroxyl radical by the brown rot fungus, *Postia placenta*. International Research Group on Wood Preservation 19th Annual Meeting IRG/WP/1360.
208. Schmidt, C. J.; Whitten, B. K. and Nicholas, D. D. 1981. A proposed role for oxalic acid in non-enzymatic wood decay by brown rot fungi. AWP. 77:157-164.
209. Hyde, S. M. and Wood, P. M. 1995. A model for attack at a distance from the hyphae based on studies with the brown rot *Coniophora puteana*. International Research Group on Wood Preservation 26th Annual Meeting. IRG/WP/10104.
210. Green III, F.; Clausen, C. A.; Larsen, M. J. and Highly, T. L. 1992. Immuno-scanning electron microscopic localization of extracellular wood-degrading enzymes within the fibrillar sheath of the brown rot fungus *Postia placenta*. Canadian Journal of Microbiology. 38:898-904.
211. Shimada, M.; Akamatsu, Y.; Otha, A. and Takahashi, M. 1991. Biochemical relationships between biodegradation of cellulose and formation of oxalic acid in brown rot decay. International Research Group on Wood Preservation 22nd Annual Meeting. IRG/WP/1472.
212. Connolly, J. H. and Jellison, J. 1994. Oxalate production and calcium oxalate accumulation by *Gloeophyllum trabeum* in buffered cultures. International Research Group on Wood Preservation 25th Annual Meeting. IRG/WP/10075.
213. Dutton, M. V.; Evans, C. S; Atkey, P. T. and Wood, D. A. 1993. Oxalate production by Basidiomycetes, including the white-rot species *Coriolus versicolor* and *Phanerochaete chrysosporium*. Applied Microbiology and Biotechnology. 39:5-10.
214. Chou, G. K.; Chandler J. A. and Preston, R. D. 1973. Uptake of metal toxicants by fungal hyphae colonising CCA-impregnated wood. Wood Science and Technology. 7:206-211.
215. Morrell, J. J. 1989. Copper tolerant fungi: a brief review of their effects and distribution. American Wood Preservers' Association reprints (1989) Appendix B.
216. Daniel, G. F. and Nilson, T. 1988. Studies on preservative tolerant species. International Biodeterioration. 24:327-335.

217. Duncan, C. G. 1958. Evaluating wood preservatives by soil-block tests: 10. Effect of species of wood on preservative threshold values. *Proceedings American Wood Preserver's Association* 54:172-177.
218. Williams, G. R. and Fox, R. F. 1994. The control of copper tolerant basidiomycete fungi in preservative treated wood in ground contact. *Proceeding American Wood Preservers' Association*. 90: 156-176.
219. Green III, F. ve Clausen, C.A. 2001. Oxalic acid production of fifteen brown-rot fungi in copper- citrate-treated shouthern yellow pine. *International Research Group on Wood Preservation 32nd Annual Meeting*. Nara, Japan.
220. Clausen, A.C. ve Green III, F. 2003. Oxalic acid overproduction by copper-tolerant brown-rot basidiomycetes on southern yellow pine treated with copper-based preservatives. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 51:139-144.
221. Green III, F. ve Clausen, C.A. 2003. Copper tolerance of brown-rot fungi: time course of oxalic acid production. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 51:145-149.
222. Hingston, J.A, Moore, J., Bacon, A., Lester, J.N., Murphy, R.J. ve Collins, C.D. 2002. The importance of the short-term leaching dynamics of wood preservatives. *Chemosphere*. 47:517-523.
223. Haloui, A. ve Vergnaud, J.M. 1997. Study of release in water chemicals used for wood preservation. Effect of wood dimensions. *Wood Science and Technology*. 31:51-62.
224. Forsyth, P.G. ve Morrell, J.J. 1990. Hexavalent chromium reduction in CCA-treated sawdust. *Forest Products Journal*. 40(6):48-50.
225. Becher, G.G, Oestvold, P.P. ve Seep,H.M. 1983. Complexation of copper by aquatic humic matter studied by reserve-phase liquid chromatography and Atomic absorption spectroscopy. *Chemosphere* 12(9/10):1209-1215.

TÜRKİYE ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MALZEME YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

TEŞEKKÜLÜMÜZ HAVAI HATLARI İÇİN İHALE YOLUYLA
ALACAĞI EMPRENYELİ AĞAÇ DİREKLERE AİT TEKNİK ŞARTNAME

HAZİRAN, 1996
OG VE AG ELEKTRİK HAVA HATLARI İÇİN
AĞAÇ DİREK
TEKNİK ŞARTNAMESİ

1.GENEL

1.1. Kapsam

Bu Şartname orta gerilimli (OG) ve alçak gerilimli (AG) elektrik hava hatlarında kullanılmak üzere satın alınacak olan ağaç direklerin teknik özelliklerini ve kabule esas olmak üzere muayene ve deneylerini kapsar.

Satın alınacak (3. Şahıslardan) ağaç direklerin tip ve teknik özelliklerine göre miktarları, Şartname ekindeki “Malzeme Listesi” ve “Garantili Karakteristikler Cetveli”nde belirtilmektedir.

1.2. Standartlar

TS 56	Ağaç Direkler (Telekomünikasyon ve Elektrik Hava Hatları)
TS 788	Ahşap Emprenye Maddeleri
TS 1350	Yuvarlak Odun ve Kerestelerin İstiflenmesi Kuralları
BS 144-1973	Ağaç Koruması (Emprenyelenmesi) İçin Kömür Katranı Kreozotu
BS 913-1973	Ahşap Malzemelerin Basınç Altında Kreozotlanması
BS 1990-1984	(1.Bölüm) Elektrik ve Telekomünikasyon Hatları İçin Ağaç Direkler. 1. Bölüm: Yumuşak Ağaç Direkler İçin Şartname
BS 4072-1975	Bakır / Krom / Arsenik Karışımı Çözeltilerle Ağaç Koruması (Emprenyelemesi)
NWPC 1,4,1,1/70	(Nordic Wood Preparation Council)

2. ÖZELLİKLER:

2.1. AĞAÇ CİNSİ

Üçüncü şahıslardan (ithal yoluyla) satın alınacak emprenyeli ağaç direkler ÇAM cinsi ve tercihen PINUS SYLVESTRIS sarı Çam olacaktır. Ağaç cinsinin Türkçe, İngilizce ve Latince adları, ağacın yetiştirildiği ülke ve ağacın kesim yılı uygun şekilde belirtilecektir. Yurtiçi ormanlarından satın alınacak ham ağaç direkler ise çam cinsi olacaktır.

2.2. AĞAÇ DİREKLERİN BOYUTLARI

Ağaç direklerin boyları, tepe ve orta çapları aşağıda gösterilmiştir.

BOYLAR	MİN. VE MAX. TEPE ÇAPI	MİN. VE MAX. ORTA ÇAPI
	(cm)	(cm)
9	12-17	15-28
10	12-17	15-28
11	13-20	16-30
12	14-20	16-30

3. TORNA İŞLEMLERİ VE DİREK BASLARININ KESİLMESİ:

3.1. Torna İşlemleri

Torna esnasında direklerin dış ve iç kabukları tamamen kaldırılacaktır. Ancak, çapları aşağıda gösterilen limitlere kadar olan direklerde dış kabuklar kaldırılacak, direğin çapında azalma olmayacaktır. Daha kalın direklerin çaplarında 1 cm.den fazla incelme olmayacaktır. Torna makinesinde kabukların tamamen kaldırılması mümkün olmadığı takdirde, kesici el aletleriyle kabuklar tamamen temizlenecektir. Bu işlem tornalamanın ıslahı olduğundan, bunun için ayrıca ücret ödenmeyecektir.

- Direkler, doğal konikliği bozulmayacak şekilde torna edilecektir.
- Torna edilen direklerin yüzeylerinde, tornadan dolayı helezoni derin çizgiler (bıçak dalmaları) olmayacaktır.
- Direklere tornadan önce gerekli nem verilecek ve az nem verilmesi sonucu tornalama esnasında lif kopmaları olmayacak ve sakal bırakılmayacaktır.

	En Küçük	En Küçük
Boy (m)	Tepe Çap (cm)	Orta Çap (cm)
9	12	15
10	13	15
11	13	16
12	14	16

3.2. Direk Başlarının Kesilmesi

Yurtiçi ormanlarından ham ağaç direk alınması durumunda, direk başları, torna işleminden sonra ilişikteki resme uygun şekilde direğin boyu fazla kısaltılmadan en uygun yerden kesilecektir. Gerek bu işlemden dolayı meydana gelen talaşlar yüklenici'ye bırakılacaktır. Bunların karşılığında yüklenici'den herhangi bir bedel talep edilmeyecektir. Yüklenici teklif birim fiyatının tespitinde bu hususu dikkate alacaktır. Direk başı ve talaşların emprenye tesis sahasında makul sayılabilecek miktardan fazla birikmesine meydan verilmeden, sahadan kaldırılması yüklenici tarafından yapılacaktır. Üçüncü şahıslardan emprenyeli ağaç direk alımı halinde, direk başları yine ekli resme uygun şekilde kesilmiş olacaktır.

4. DİREKLERİN İSTİFLENMESİ ŞEKLİ VE YERİ:

Biri tornadan önce, diğerleri torna ve enjektenden sonra olmak üzere direkler üç defa istif edilecektir.

- İlk istif, orman depolarından tesis sahasına getirilen ham direklerin IZGARA şeklinde yapılan istifidir. Direkler bu istifte doğal kurumaya bırakılacaktır.
- İkinci istif, torna işleminden sonra yapılacak IZGARA şeklindeki istif olup, direkler bu istifle enjekte edilecek kuruluğa gelinceye kadar bekletilecektir.
- Son istif (üçüncü istif), direklerin enjekte işlemi tamamlandıktan sonra IZGARA şeklinde yapılan istifidir. Bu istifte direkler, ihtiyaç mahallerine sevk edilinceye kadar bırakılacaktır.
 - Direkler yerden 30 cm yükseklikte en altta 3 m. aralıklı beton, demir veya sert ağaçtan yapılmış ayaklar üzerine 25 cm ara ile direkler çaprazlama bir şekilde konulacak bu suretle 8 sıra yapılacaktır. Direkler cins ve boylarına göre başları mümkün olabildiği kadar bir hizaya getirilmek suretiyle istife alınacak ve istifler arasında en az bir metre uzaklık bırakılacaktır.
- İstiflerin yapılacağı yerler hafif meyilli, çakıl ve benzeri maddelerle kaplı ve her türlü bitkilerin yetişmesine mani olacak şekilde düzenlenmiş olacaktır.
 - Direklerin istiflenmesi için seçilen depo yeri TS-1350 no'lu standarda uygun olacak ve drenajı bulunacaktır.

5. KORUYUCU EMPRENKE MADDELERİ:

Ağaç direklerde kullanılacak emprenye maddeleri; tercihen taş kömürü katranının yüksek sıcaklıkta damıtılmasından elde edilen ve İngiliz BS 144/1993 no'lu standartta belirtilen özelliklere uygun saf KREOZOT veya TS-788 de adları geçen ve bileşimlerinde Bakır/Krom/Bor (CCB) veya Bakır/Krom/Arsenik (CCA) gibi suda eriyebilen tuzlarla veyahutta en az bunlar evsafında veya daha üstün ve istenilen yoğunlukta eriyik elde edebilmek üzere suda eriyebilen karışık preparatlardan, ya da ağaç tel direği emprenyesinde uygulanan ve usulüne göre tatbik edilebilecek tatbikatından müspet sonuç alındığı kanıtlanmış emprenye maddelerinden birisi olacaktır.

6. HAM DİREKLERİN EMPRENYE EDİLMESİ:

6.1. Kreozotla Emprenye

Ağaç direkler boş hücre (empty-cell) Ruping metoduna göre İngiliz standartları BS 913:1973 standardında belirtilen şartlara göre emprenye edilecektir. Bu işlem sırasında basınç ve vakum süreleri ve tekrar sayısı ile uygulanan basınç değerleri açıkça belirtilecektir.

- M3 direk başına 115 kg kreozot emdirilecektir.
- Direklerde, kreozot, diri odun kısmının tamamına işlenmiş olacaktır.

6.2. Kreozotun Direğe İşleme Derinliğinin Tespiti:

- Muayene için direğin herhangi bir ucundan itibaren en az 1,5 metre mesafede test burgusu ile numune alınır. Numunede diri odun kısmının kreozotla kaplandığı görülmelidir. Deneyden hemen sonra burğu delikleri kreozotlu ağaç tıparlarla hemen kapatılır. Eğer direğin diri odun kısmı gözle kolaylıkla ayırt edilemiyorsa bunun için kimyasal yöntem kullanılır. Örnek alınan direklerden 1 veya daha fazlasında diri odun kısmının tamamının emprenye edilmediği görülürse bu direkler (bozuk görülenler) yeniden emprenye işlemlerine tabi tutulur. Bu gruptan ilk alınan numune sayısı kadar yeniden numune alınır. Eğer bunların diri odun kısmının tamamı emprenye edilmiş ise grubun diğer direklerinin emprenye edilmiş olduğu kabuk edilir.
- Eğer iki defa alınan numunelerde hatalı direkler çıkarsa (çıkan bu direkler) yeniden emprenye işlemine tabi tutulur ve işlem bu şekilde devam eder. Yeniden emprenye işlemine tabi tutulan direklerde aynı şekilde muayene edilir.

6.3. Direklerde Kalan Kreozot Miktarının Tespiti:

Tanka konulacak direklerin toplam hacmi ve toplam ağırlığı tespit edilir. Tanktan çıktıktan sonra toplam direk ağırlığı ölçülür. Son ağırlıktan ilk ağırlık çıkarılarak o grup direkler içinde kalan kreozotun ağırlığı bulunur. Bu ağırlık o grup direklerin toplam hacmine (tank girışteki hacim) bölünerek m³ başına direklerde kalan kreozot miktarı bulunmuş olacaktır. Bu miktar 115 kg/m³ olacaktır.

Eksik verilen kreozot için kesinti TL/m³ fiyatının bölünmek suretiyle bulunan değeri üzerinden yapılacak, fazla verilen miktar için bir bedel ödenmeyecektir.

6.4. Suda Eriyen Tuzlarla Emprenye:

6.4.1. Emprenye Metodu

- Direkler “vacuum/Presuure ve Full Cell Treatment” metodu ile emprenye edilecektir. Bu işleme tam emprenye temin edilinceye kadar devam edilecektir.

Tam emprenye ise;

- 15 dakika içinde kazanda bulunan direklerin m³ ‘ü başına 5 litreden fazla eriyik emildiği anda,
- Bundan sonra basıncın 30 dakika muhafaza edildiği,
- Ancak mutlak surette en az basıncın 45 dakika devam etmesi halinde tam emprenye temin edilmiş kabul edilecektir.

6.4.2. Emprenye Eriğinin Hazırlanması

Karıştırma tankının içindeki suya istenilen oranda konulacak olan emprenye tuzu, yavaş yavaş suyun içine bırakılacak ve tuzun iyice erimesini sağlamak için devamlı karıştırılacaktır. Bu karıştırma işlemine en az 45 dakika devam edilecektir. Eriyik hazırlanırken suyun sıcaklığı en az 20 °C olacaktır.

6.4.3. Emprenye Eriğinin Sıcaklığı :

Emprenye esnasında emprenye eriğinin sıcaklığı hiç bir suretle 30 °C’ yi geçmeyecektir.

6.4.4. Emprenye İşlemi :

İlk vakum 60 dakikadan fazla süre içerisinde 63.5 cm cıva sütununa yükseltilecektir. Eğer vakum 63.5 cm cıva sütununa 60 dakikadan daha kısa bir zamanda yükselirse vakum 60 dakika tamamlanıncaya kadar devam ettirilecektir.

İlk vakum devam ederken basınç kazanı tamamen emprenye eriği (Mahlulu) ile doldurulacaktır. Bu işlemten sonra vakum kesilecek ve basınca başlanacaktır.

Basınç çam direklerde 10,545 kg/cm² olacaktır.

Son vakum, emprenye işlemi tamamlanan direklerin kazandan çıkarılması esnasında kazan içindeki eriyiğin depolama tankına iadesi olup, 5-10 dakika devam edecektir.

Emprenye işlemi tamamlanmış direkler kazandaki eriyik içinde 12 saatten fazla bırakılmayacaktır.

Emprenye işlemi tamamlanmış bir şarjdaki direklerden 10 adedinden artım burgusu ile alınacak numunelerde emprenye maddesinin yetersiz görülmesi halinde ve direk sayısı bir adetten fazla çıktığında şarjın tamamı, bir adet çıktığında yalnızca bu direk ikinci defa emprenye edilecektir.

6.4.5. Direklerin Emprenyesinde Kullanılacak Net Kuru Tuz Miktarı ve Tatbik Edilecek Eriyiklerin Yüzdeleri:

Bileşiminde Bakır/Krom/Bor (CCB) tuzlarından oluşan preparatlarda çam direkleri için %4 konsantrasyondaki eriyik ile 350 litre/m³,

Bileşiminde Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzlarından oluşan preparatlarda bu miktarlar çam cinsi direkleri için %3 konsantrasyondaki eriyik ile 350 litre/m³ mahlul emdirilecektir.

Buna göre kullanılacak ortalama net kuru tuz miktarı, Bakır/Krom/Bor (CCB) tuzları için çam direklerde 14 kg/m³, Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzları için çam direklerde 10,5 kg/m³, net kuru tuz verilmiş olacaktır.

6.5. Diğer Kimyasal Maddelerle Emprenye :

Bakır/Krom/Bor (CCB), Bakır/Krom/Arsenik (CCA) tuzları dışında başka bir emprenye maddesi teklif edilmesi halinde;

Kullanılacak emprenye maddesinin ticari ismi, açık kimyasal formülü, milli ve milletlerarası standardı belirtilecektir.

- Kullanılacak emprenye maddesi özellikle ağaç elektrik direkleri için uygun olacak ve ortalama Türkiye iklim şartları bu emprenye maddesinin seçiminde gözönünde tutulacaktır.
- Kullanılacak emprenye metodu detaylarıyla açıklanacak milli ve milletlerarası standardı belirtilecektir.
- Emprenye sırasında ortalama hangi dayanım süresi için ne miktar net kimyasal maddenin m³ veya direk başına kullanılacağı açıkça belirtilecek yine bu konuda ulus ve uluslararası standartlar belirtilecektir.
- Teklif edilen emprenye maddesinin menşei memleket ve beynelminel sahada bugüne kadar kullanıldığı ve kullanılmakta olduğu yerler, kullanılan Müesseseler, kullanılan miktarlar ve alınan neticeler hakkında ilgili resmi ve özel Müesseseler ile araştırma istasyonlarının tanzim etmiş olduğu rapor ve dokümanlar.
- Zararlı mantar ve haşerelere karşı zehirlilik limiti ağaç direğe nüfuz kabiliyetini gösterir belgeler ve sonuçları.

7. ÇEŞİTLİ KOŞULLAR :

- Silindirde (Basınç Kazanında) emprenyesi tamamlanmış direk, eriyik ve kreozot içinde bırakılmayacaktır.
- Kullanılan tuz veya kreozot, diğer ağaç koruyucu maddelerle karıştırılmayacak, çalışmaya başlamadan evvel tesis itina ile temizlenecektir. Tesisi oluşturan tüm kazan grubu ve teçhizatı makul bir sürede gözden geçirilip aksayan veya arızalı kısımlar ıslah edilecek ve tortulardan arındırılacaktır. YÜKLENİCİ, TEDAŞ' ın ikazına rağmen bu işlemleri yapıyorsa TEDAŞ' ın temsilcisi tarafından tesisin faaliyeti durdurulur.
- Bir şartın içine değişik cinsten direk konulmayacaktır.
- Taahhüt süresi içerisinde, daha iyi emprenye yapılmasını temin amacıyla fiyat ve metod değişikliği gerektirmeyecek şekilde, TEDAŞ tarafından teknik şartlarda yapılacak değişiklikleri ve ilaveleri YÜKLENİCİ aynen kabule zorunludur.

8. AĞAÇ DİREKLERİN İŞARETLENMESİ :

Ağaç direklere ait,

- Ağacın cinsi
- Boyu (m)
- Tepe çapı (cm)
- Emprenyeleme maddesi
- Firmanın kısa adı

Bilgiler alüminyum plakalar üzerine işaretlenerek, bu plakalar direğin dip kısmından uç kısmına doğru 3.50 m mesafede direk üzerine çakılacaktır. (EK-3)

9. MUAYENE VE KONTROL :

- Alıcı, temsilcisi veya elemanları vasıtasıyla malzemeleri imalattan teslim yerine kadar her türlü muayene ve kontrol etme hakkını saklı tutar.

Kontrol görevlilerinin seyahat ve şahsi masrafları ve ücreti dışında muayene ve test masrafları tüm olarak satıcı tarafından karşılanacaktır.

- Aksine bir yazılı hüküm bulunmadıkça bütün muayene ve kontroller sevkiyattan önce, Alıcı'nın tam yetkili temsilcisi huzurunda yürütülecektir.

Satıcı, testlerin yapılacağı tarihten bir ay önce test tarihini Alıcı'ya bildirecektir. Alıcı bildirim tarihinden sonraki bir ay içinde muayene mahallinde temsilcisini bulundurmak zorundadır.

- Alıcı, Satıcıya zamanında haberdar etmek suretiyle muayenede temsilci bulundurmaktan vazgeçebilir. Bu durumda bütün kontroller imalatçı tarafından yapılır ve hazırlanıp imzalanan Test Raporları incelenmek ve onaylanmak üzere 3 kopya olarak Alıcı'ya gönderilir. Test Raporlarının onaylanması durumunda sevk emri ve 1 kopya onaylı Test Raporu satıcıya geri gönderilir.

9.2. Koruyucu Emprenyeleme Deneyleri

Ağaç direklerin koruyucu emprenyeleme işleminin, bu amaçla kullanılan emprenyeleme malzemesinin ve emprenyelenmiş ağaç direklerin deneyleri, Şartnamenin Standartlar bölümünde belirtilmiş bulunan yabancı standartlara uygun olarak ve bu standartlardaki kriterleri sağlamak üzere yapılacaktır.

10. DİREKLERİN SEVKE HAZIRLANMASI :

Ağaç direklerin sevkiyatı, beher boydaki direk miktarları ile orantılı olarak yapılacaktır. Diğer hususlarda teklif isteme şartnamesi ve sipariş mektubu esasları uygulanır.

11. TESLİM SÜRESİ VE BOŞALTMA YERLERİ :

11.1. Teslim Süresi

Yurt içi teslimlerde, ağaç direkler Teşekkülün belirleyeceği yerlere;

Yurt dışı alımlarda ise, firmalar; FOB olarak CF ve CİF olarak teslim sürelerini ve parti adetlerini (Gemi olarak) tekliflerinde belirteceklerdir.

Buna göre; teklif edilen ağaç direk miktarı, ihalede belirtilen boylara göre orantılı olmak kaydıyla adetten az olmayacaktır. Ayrıca bir gemi ile en az adet ağaç direk gönderilecektir.

Teslim süresi en fazla ay olabilecektir. Ancak, bu süreden daha kısa teslim süresi tercih sebebi olacaktır.

11.2. Boşaltma Yerleri

Ağaç direkler, aşağıdaki Türk Limanlarına boşaltılacaktır.

Alıcı, bu Limanlardan birinden veya bir kaçından sarfınazar etmek ya da yeni Liman ismi bildirmek hakkını saklı tutar.

Mersin	Limani
İskenderun	Limani
Samsun	Limani
Trabzon	Limani

**OG VE AG ELEKTRİK HAVA HATLARINDA KULLANILMAK ÜZERE
SATIN ALINACAK AĞAÇ DİREKLER İÇİN
MALZEME LİSTESİ**

Satın alınacak ağaç direklerin uzunluk, tepe çapı, orta çapı ve direk tipine göre miktarları şu şekildedir.

Direğin Boyu (m)	En Küçük ve Büyük TEPE Çapı (cm)	En Küçük ve Büyük Orta Çapı (cm)	Miktar (Adet)
9	12-17	15-28	-
10	12-17	15-28	-
11	13-20	16-30	-
12	14-20	16-30	-

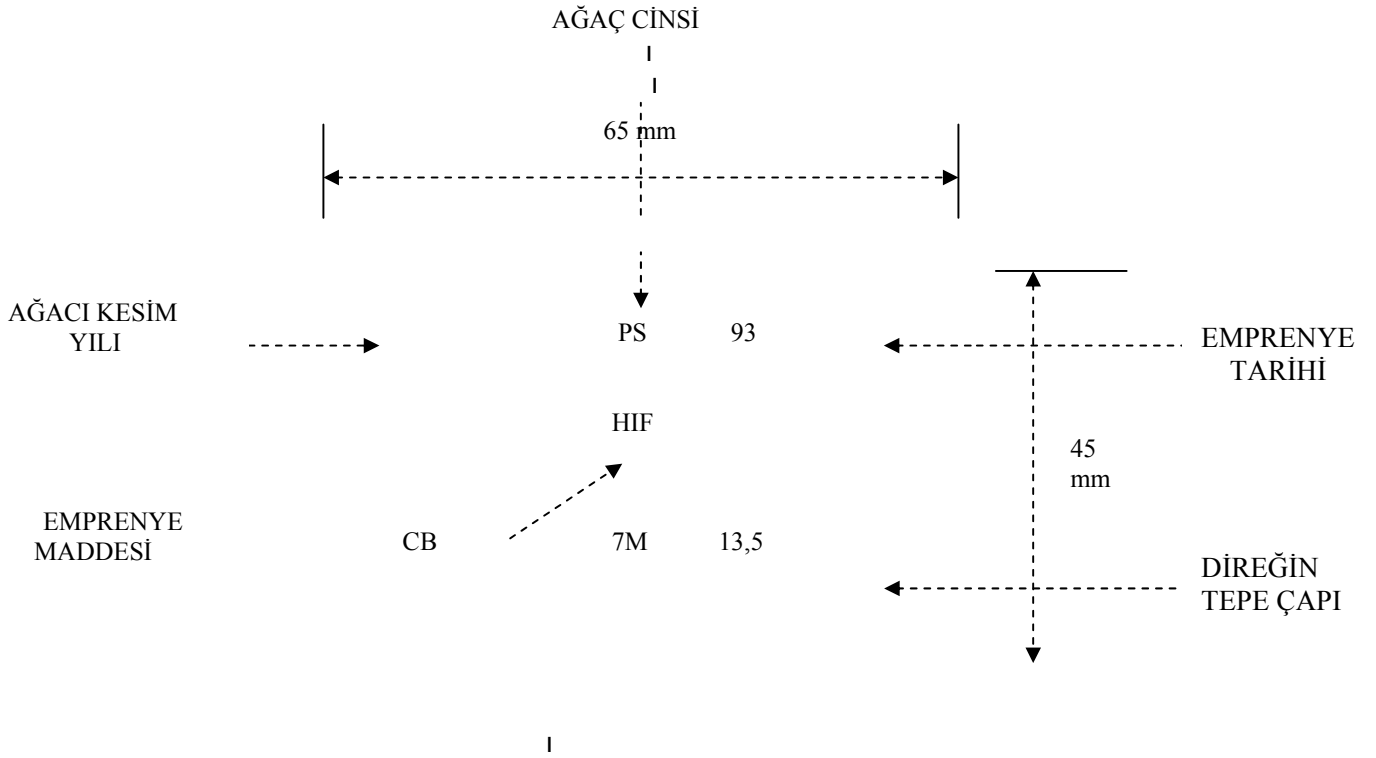
**OG VE AG ELEKTRİK HAVA HATLARINDA KULLANILMAK ÜZERE
SATIN ALINACAK AĞAÇ DİREKLER İÇİN
GARANTİLİ KARAKTERİSTİKLER CETVELİ**

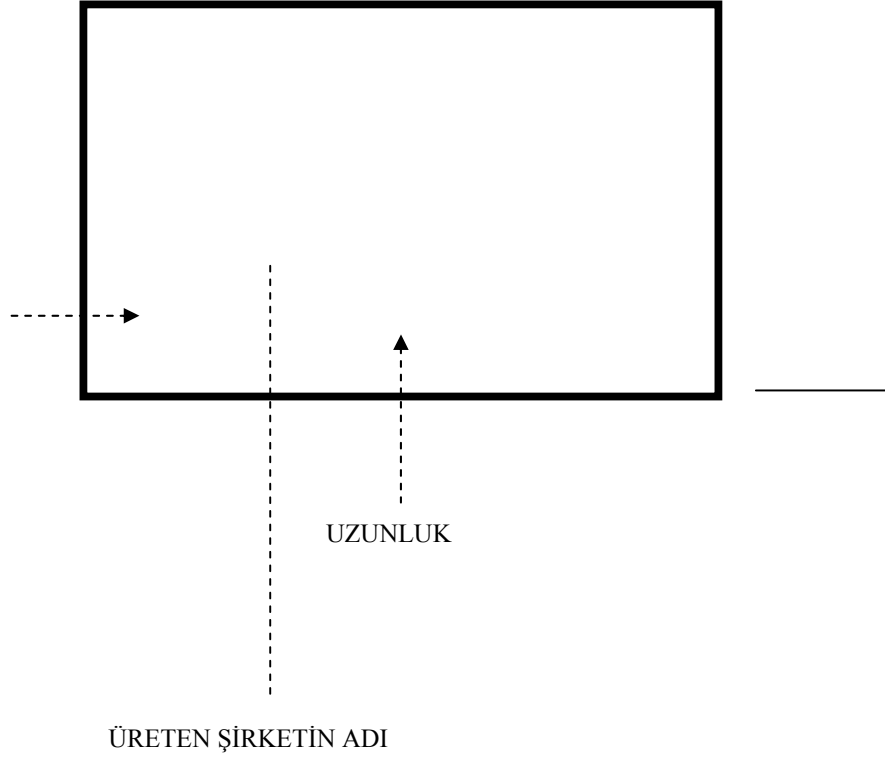
SİPARİŞ NO :
SIRA NO :
TEDAŞ KODU:

	İstenilen	Garanti Edilen
1. Satıcı :		
2. Satıcının kısa adı/kodu :		
3. İlgili Standart :		
4. Standart Sembolü :		
5. Ağacın Cinsi		
- Türkçe Adı :	Çam	
- İngilizce Adı :	Pine	
- Latince Adı :	Pinus	
6. RUEPIN usulü ile ve KREOZOT' la emprenyelenmiş direkler için		
- Ağaçtaki kreozot miktarı (km/m ³) :		
- Korunmuş ağacın ömrü :		
7. Karışık preparatlarla emprenye edilmiş direkler için		
- Karışımın kimyasal formülü :		
- Ağaçta kalan net tuz miktarı (kg/m ³) :		
- Korunmuş ağacın ömrü :		
- Referans rapor ve yayınlar :		

EK III

AĞAÇ DİREK İŞARET PLAKASI





EK IV

**TEDAŞ
TÜRKİYE ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MALZEME YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

**ENERJİ DİREKLERİNİN EMPRENYESİNDE KULLANILACAK
KÖMÜR KATRANI KREOZOTU
ŞARTNAMESİ**

1 - KAPSAM :

Bu Şartname ağaç tel direkleri dış etkenlere karşı korumak amacıyla yapılacak emprenye işleminde kullanılacak kreozotu kapsar.

2 - KREOZOTUN SAĞLANMASI GEREKEN ŞARTLAR :

2.1 - Yapısı :

Burada adı geçen kreozot yalnız taşkömürü katranının damıtılmasından elde edilmiş olacak, petrol yağları ve taşkömürü katranından elde edilmiş diğer yağları hiç bir şekilde ihtiva etmeyecektir.

2.2 - Yoğunluk :

Kreozotun 38 °C deki yoğunluğu 1.003 gr/cm³ den az 1.108 gr/cm³ den çok olmayacaktır.

2.3 - Akışkanlık :

2.3.1 - Sıcak olarak tatbik edilecek kreozot soğumaya bırakıldığında 32 °C den az 2 saat sıvı olarak kalacaktır.

2.3.2 - Soğuk olarak tatbik edilecek kreozot soğumaya bırakıldığında 15.5 °C de en az 2 saat tamamen sıvı olarak kalacaktır.

2.4 - Su miktarı :

Hacim itibariyle kreozot içerisindeki su oranı, imal edildiğinde % 1.5 'ü kullanma sırasında % 3.0 'ü geçmeyecektir.

2.5 - Damıtma Sınırı :

Kreozot damıtma tesisine tabi tutulduğunda, çeşitli sıcaklıklarda elde edilen damıtma ürünlerinin ağırlık itibariyle oranları aşağıda gösterilen limitler dahilinde olacaktır.

° C	Min. (5)	Maks. (%)
205	-	5
230	5	30
315	40	78
355	73	85

2.6 - Ayrılabilir Fenol Miktarı:

Kreozotun 315 °C ye kadar damıtılmasından elde edilen kısmın 100 gr 'mının içerisinde bulunan ayrılabilir Fenol miktarı 20 cm³ 'den fazla olmayacaktır. Yoğunluğu 38 °C'de 1.6 gr/cm³ 'den daha az olan kreozotun 100 gramının içerisinde ise ayrılabilir Fenol miktarı 5 cm³ 'den az olmayacaktır.

2.7 - Toluen İçinde Erimeyen Madde Miktarı:

Kreozotun yapısında toluen içinde eriyemeyen madde miktarı ağırlık itibariyle imal edildiğinde % 0.4 'den, kullanma sırasında ise % 0.6 'dan daha fazla olmayacaktır.

2.8 - Sudkostik İçinde Eriyen Madde Miktarı:

Yoğunluğu 1.15 gr/cm³ olan Sudkostik içinde eriyebilen asit bileşenleri kreozotun yapısında en az % 3 oranında bulunacaktır. (2.6 maddesindeki şart yerine getirildiğinde 2.8 maddesindeki şart aranmayacaktır.)

2.9 - Benzen İçinde Eriyemeyen Madde Miktarı:

Kreozotun yapısında Benzen içinde eriyemeyen madde miktarı ağırlık itibariyle imal edildiğinde % 0.5 'den kullanma sırasında ise % 1.5 'tan fazla olmayacaktır. (2.7 maddesindeki şart yerine getirildiğinde 2.9 maddesindeki şart aranmayacaktır.)

2.10 - Berraklık:

Kreozot imal edildiğinde 23 °C 'de berrak ve temiz olmalı ve daha sonra aynı şekilde kalmalıdır.

Aynı zaman Kristalleşebilen ticari benzenin eş hacimde kreozotla karıştırılmasından elde edilen karışımın 2 damlası filitre kağıdı tarafından tamamen emilmeli ve kağıt üzerinde erimeyen maddelerden ötürü bir tortu leke kalmamalıdır. Aynı işlem yalnızca Kreozotla yapıldığında aynı netice elde edilmelidir.

3 - TEST VE ÖLÇÜ YÖNTEMLERİ:

Şartnamenin (2.) maddesindeki şartların sağlanıp sağlanmadığı "British Standarts Intitution 'ın BS 144:1973 tarihli standartta gösterilen yöntemlere göre kontrol edilecektir. (Kontrolde , "Amedmentk SLIP")

4 - DİĞER ŞARTLAR:

Lüzum görüldüğü takdirde şartnamenin (2.) maddesinde belirtilen hususların dışında da gerekli kimyasal test ve analizlere gidilebilecektir.