
SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES		VOLUME	30	NUMBER	2	1980
SERIE	B	BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

**REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL**

**REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL**



AĞAÇ MALZEMENİN YÜKSEK SICAKLIK DERECELERİNDE KURUTULMASI

Dr. Ramazan KANTAY¹

1. GİRİŞ

Ağaç malzemenin kurutulmasında uygulanan teknik kurutma yöntemlerini kurutma ortamının sıcaklığı esas alınarak iki ana grup altında toplamak mümkündür. Bunlar 100°C sıcaklık derecesinin altındaki sıcaklıklarda kurutma yöntemleri ve 100°C sıcaklık derecesinin üstündeki sıcaklıklarda kurutma yöntemleridir (KANTAY, BOZKURT 1980).

Kaplama levha ve yonga gibi hafif ağaç malzemeler hemen dalma yüksek sıcaklık derecelerinde kurutulmaktadır. Kurutmada yüksek sıcaklık derecelerinin uygulanması kurutma süresinde büyük bir kısalma sağlamaktadır. Bu nedenle biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında da zaman zaman yüksek sıcaklık derecelerinin uygulanması çalışmaları yapılmıştır. Bundan 40 yıl kadar önce başlayan bu çalışmalar (CZEPEK 1940; FISCHER, CZEPEK 1941), bu güne kadar süre gelmiştir (ENGER 1951; KOLLMANN 1954; SALAMON 1960; SERGOVSKIJ 1963; MÜLLER 1965; SCHNEIDER 1972; 1976). Değişik ağaç türleri ve çeşitli kalınlıklardaki ağaç malzemede yapılan bu çalışmalar, iğne yapraklı ve bazı yapraklı biçilmiş malzemenin kurutulmasında yüksek sıcaklık derecelerinin uygulanabileceğini ve bu uygulamalardan iyi sonuçların alınabileceğini göstermiştir. Böylece yüksek sıcaklık derecelerinde kurutma, biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında da önem kazanmıştır.

2. YÜKSEK SICAKLIK DERECELERİNDE KURUTMA YÖNTEMLERİ

Normal basınç altında suyun kaynama sıcaklığı olan 100°C un üstündeki sıcaklıklarda kurutma ortamı olarak kızgın buhar, kızgın hava - buhar karışımı, kızgın hava, kızgın yağlar, organik sıvıların buharları kullanılmaktadır. Bu gruba giren kurutma yöntemleri kullanılan kurutma ortamına göre, örneğin Kızgın Buhar İçerisinde Kurutma, Kızgın Hava - Buhar Karışımı İçerisinde Kurutma gibi isimler almaktadır.²

Bu kurutma yöntemlerinden Kızgın Hava - Buhar Karışımı, Kızgın Buhar ve Kızgın Yağlar içerisinde kurutma yöntemleri pratikte en çok uygulanan kurutma yöntemleridir. Ancak, bunlardan Kızgın Yağlar İçerisinde Kurutma Yönteminde ağaç

¹ İ.O. Orman Fakültesi, Orman Ürünlerinden Faydalanma Kürsüsü, Bahçeköy - İstanbul.

² Bu yöntemlerden başka özel kullanım amaçları için Vakumlu Kurutma, Yüksek Frekansla Kurutma, Kızıl Ötesi Işınlarla Kurutma gibi. Özel kurutma yöntemleri de vardır.

malzeme bir çesit emprenye edilmekte ve bu tip malzemenin kullanım yerleri sınırlı bulunmaktadır. Diğer taraftan kullanılan yağlar ham petrolden elde edilen ürünler olup, ülkemiz açısından bu yöntemin kullanımını sınırlamaktadır. Bu bakımdan bu yazıda yalnız Kızgın Hava - Buhar Karışımı ve Kızgın Buhar İçerisinde Kurutma yöntemleri üzerinde durulmuştur.

3. KAYNAMA SICAKLIĞININ ALTINDA VE ÜSTÜNDE BUHARLAŞMA

3.1. Kaynama sıcaklığının altında buharlaşma

Normal basınç altında suyun kaynama sıcaklığı,¹ kurutma fiziği bakımından bir sıcaklık sınır alanını teşkil etmektedir. Konveksiyonel kurutmada² kaynama sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda yalnız Hava - Subuharı karışımı içerisinde kurutma mümkün olup, bu yöntem *Klasik Kurutma* yöntemi adı verilmektedir. Bu yöntemin pratikte çeşitli uygulama şekilleri vardır (KANTAY 1978 b). Kaynama sıcaklığının altında odun dokuları içerisindeki su, yüzeylere doğru sıvı halde hareket etmekte ve yüzeylerden buharlaşmaktadır. Yüzeylerden buharlaşma, kurutma ortamını teşkil eden hava ve subuharının kısmi basınç farkları sebebiyle meydana gelmektedir.

Bilindiği gibi normal basınç altında kaynama sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda bir maddenin sıvı halden gaz haline geçişi, kendisinden başka bir gazın bulunduğu ortamda gerçekleşebilmektedir. Ortamda mevcut gaz halindeki öteki maddenin kısmi basıncı sıvı haldeki maddenin doyma basıncından³ daha düşükse buharlaşma olayı meydana gelmektedir.⁴ Ağaç malzemenin kurutulmasında suyun subuharı haline geçmesi sözkonusu olup, kurutma ortamını teşkil eden gaz havadır. Buna göre kurutma ortamının bağıl nem % 100 den daha düşük olduğu takdirde buharlaşma olayı gerçekleşmektedir. Bu olayda subuharı hava içerisine uygun olarak dağılmaktadır. Bu bir difüzyon olayıdır. Difüzyon kanunlarına göre toplam basınç aynı kalmak şartıyla yağ halde bulunan ağaç malzeme yüzeylerinden kurutma ortamına doğru kısmi buhar basıncı meylli (gradieni) yani kısmi buhar basıncı farkları meydana gelmektedir. Difüzyon hızı kısmi buhar basıncı farklarına bağlı olarak değişmektedir. Bu farklar arttıkça difüzyon hızı artmakta, azaldıkça düşmektedir.

3.2. Kaynama sıcaklığının üstünde buharlaşma

Kaynama sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda buharlaşma, kaynama sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda buharlaşma olayından farklı şekilde cereyan etmektedir.

Kurutma ortamı sıcaklığının kaynama sıcaklığının üstüne çıkması ile ağaç malzeme içerisindeki su, subuharı halinde hareket etmeye yönelmektedir. Çünkü normal basınç altında subuharı hacmi, sıvı haldeki hacminin 1600 katına yükselmektedir. Kaynama sıcaklığının aşılmasından sonra kısa sürede odun dokuları içerisinde çevreye nazaran büyük bir basınç hasıl olmaktadır. Bilimsel araştırmalarla odun

¹ Kaynama sıcaklığı, 1 atmosfer (760 Torr) barometre basıncında 100°C dir. 1 Torr 1 mm cıva stununun basıncıdır.

² Konveksiyon, kurutma ortamını teşkil eden akışkanın hareketi ile ısı ve madde transferidir.

³ Belirli bir sıcaklığa tekabül eden buharlaşma basıncına doyma basıncı denir.

⁴ Alıncada kaynama sıcaklığının altında meydana gelen bu şekildeki buharlaşma «Verdunstung» sözcüğü ile ifade edilmektedir.

içerisinde meydana gelen bu basıncın kısa bir süre 20 atmosfere kadar yükseldiği, ortalama olarak ise 6 atmosfere kadar yükselebildiği saptanmıştır (EICHLER 1978).

Bilindiği gibi 100°C un üstündeki sıcaklıklarda normal basınç altında bir madenin sıvı halden gaz haline geçişi, başka bir gaza ihtiyaç göstermeden kendi buharı içerisinde gerçekleşmektedir.¹ Bu olayda buhar hareketini sağlayan kuvvetler, toplam basınç farklarından ileri gelmektedir. Kızgın buhar içerisinde kurutmada, ağaç malzemenin kurutma ortamına doğru bir toplam basınç maylı (gradienli) yani toplam basınç farkı meydana gelmektedir. Kuruma, odun dokuları içerisindeki toplam buhar basıncının ortamın toplam buhar basıncından yüksek olması halinde gerçekleşmektedir. Bu olayda bir difüzyon olayı sözkonusu olmayıp, buhar hareketi bir akış biçiminde cereyan etmektedir (KOLLMANN, SCHNEIDER 1961; SCHNEIDER 1972). Kurutma hızı geniş ölçüde ısı transferine bağlı bulunmaktadır. İyi bir ısı transferi ise, yüksek hava hareket hızı yardımıyla sağlanmaktadır. Bu bakımdan kızgın buhar içerisinde kurutma yöntemi için kurutma ortamının (kızgın buhar) hareket hızının yükseltilmesi önerilmektedir (SCHNEIDER 1972).

4. HİGROSKOPİK DENGE²

Resim 1 de 90°C sıcaklık derecesinin üstündeki sıcaklıklarda ağaç malzeme için higroskopik denge rutubeti eğrileri görülmektedir. 100°C sıcaklık derecesinin üstünde; sıcaklık derecesinin yükselmesi ile normal basınç altında higroskopik denge rutubeti miktarları çok çabuk düşmektedir. Bu düşme 120°C sıcaklık derecesinden sonra yavaşlamakta ve 130°C sıcaklık derecesine yükseldikten sonra ise önemsiz miktarlara ulaşmaktadır. Örneğin, normal basınç altında sıcaklık 110°C iken higroskopik denge rutubeti % 7, sıcaklık 120°C a yükselince % 4,3 ve sıcaklık 130°C a ulaşınca % 2,9 düşmektedir. Saf ya da hava katılımı olan kızgın buhar ortamında 100°C sıcaklık derecesinin üstündeki sıcaklıklarda normal basınç altında oluşan higroskopik denge rutubet miktarlarının *Resim 2* den daha kolay şekilde bulunması mümkündür. Resimdeki % 100 bağıl neme alt eyri doymuş kızgın buhar içerisinde kurutmada oluşan higroskopik denge rutubeti değerlerini göstermektedir. Öteki eyriler değişik miktarlarda hava katılımı olan Kızgın Hava - Buhar karışımı kurutma ortamları için denge rutubeti miktarlarını göstermektedir.

5. KURUTMA TESİSLERİ

Saf ya da hava katılımı olan kızgın buhar ortamında, klasik kurutmada olduğu gibi ısıtıcı yüzeylerden ağaç malzemeye ısı transferi konveksiyonla olmaktadır. Bu bakımdan yüksek sıcaklık dereceleri uygulanan kurutma tesisleri prensip olarak klasik kurutma tesislerine benzer şekilde yapılmaktadır. Aranılan farklı özellikleri şu şekilde özetlemek mümkündür (CZEPEK 1952; JANIK 1960; TGL 21499; KÜBLER 1965).

— Basınca ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır. Bu bakımdan bu tesis-

¹ Almancada kaynama sıcaklığının altında meydana gelen bu şekildeki buharlaşma «Verdampfung» sözcüğü ile ifade edilmektedir.

² Odunda, ilif doymunluğru rutubet derecesinin altındaki rutubet derecelerinin teşkil ettiğri higroskopik bölgede, odun rutubeti ile çevresindeki havanın rutubeti arasında sorpsiyon ve desorpsiyon olayları ile meydana gelen rutubet alış verişri zaman zaman sone erip bir denge hasıl olmaktadır. Odun rutubeti ile çevresindeki havanın sıcaklığı ve bağıl nemli arasında meydana gelen bu dengeye higroskopik denge, bu denge durumunda ağaç malzeme de odunun denge rutubeti veya higroskopik denge rutubeti denmektedir.

ler metalden yapılmakta ve çoğunlukla kurutma makinesi olarak adlandırılmaktadır.

— Isı kaybına karşı iyi yalıtılmış olmalıdır.

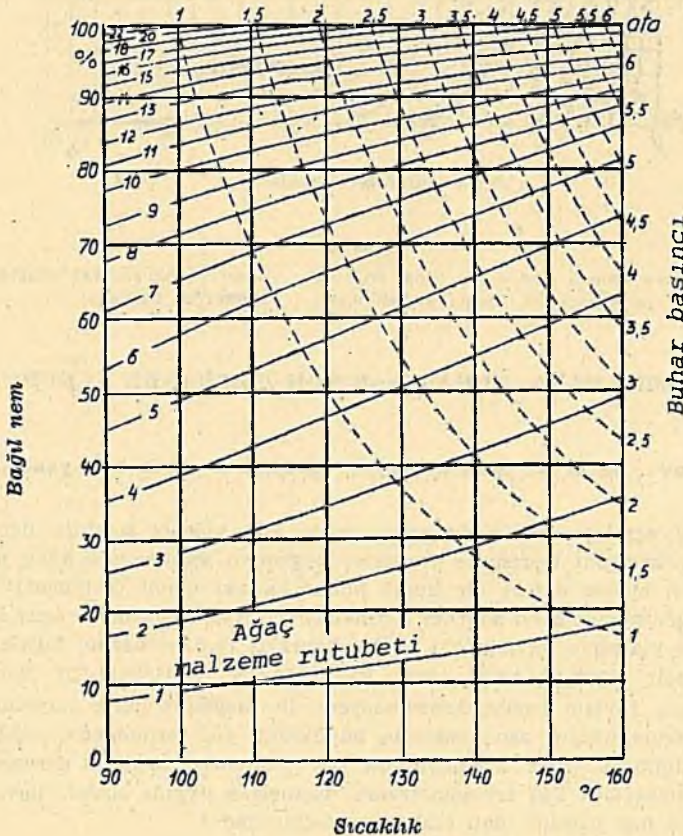
— Hava hareket hızı yükseltilebilmelidir. Böylece, klasik kurutma ile yüksek sıcaklıklarda kurutma yöntemlerinin kombinasyonunda hava hareket hızları değiştirilebilmelidir.

— Makinenin her tarafında % 100 lük bağıl nem derecesi sağlanabilmelidir. Kapı ve bacalar sıkı bir şekilde kapanmalı, buhar kaçırmamalıdır.

— En çok 2 saat içerisinde 20°C sıcaklık derecesinden 100°C sıcaklık derecesine çıkılabilmeli ve makine içerisindeki sıcaklık farkları mümkün olduğu kadar az olmalıdır. Kereste kurutma fırınları için bu değer istif yarı yüksekliğinde fırın uzunluğunca 5°C sıcaklık derecesini geçmemelidir.

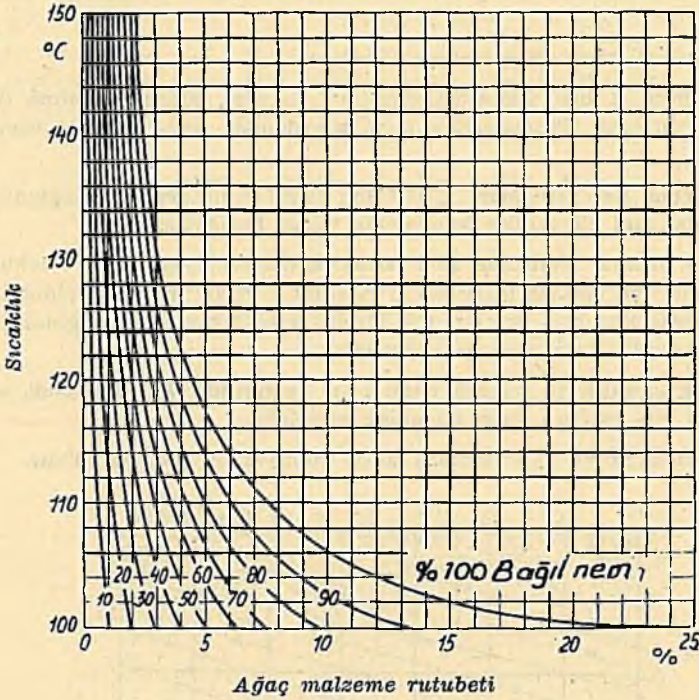
— Yüksek sıcaklık ve yüksek bağıl nem ile birlikte, karınca asidi, sirke asidi ve tanen asidi gibi asitlere karşı dayanıklı olmalıdır.

— Aşırı sıcaklık ve aşırı basınca karşı emniyet tertibatı olmalıdır.



Resim 1

90°C sıcaklık derecesinin üstündeki sıcaklıklarda ağaç malzeme için higroskopik denge eğrileri (VORREITER 1958'den)



Resim 2

Çeşitli oranlarda hava katılımı olan kızgın buhar ortamında (normal basınç altında) sıcaklık, bağıl nem, ve higroskopik denge rutubetli ilişkileri (VORREITER 1958'den)

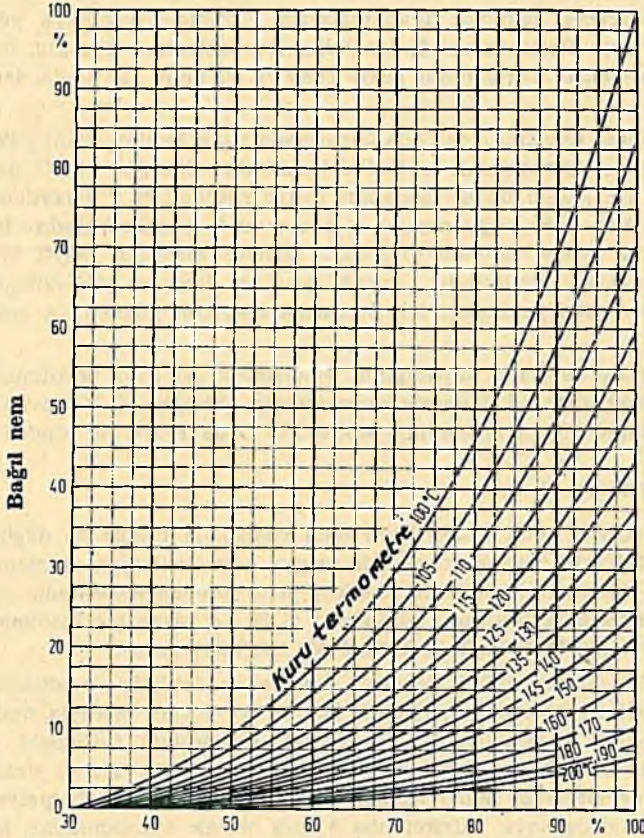
6. KIZGIN HAVA - BUHAR KARIŞIMI İÇERİSİNDE KURUTMA

6.1. Kızgın hava - buhar karışımı içerisinde kurutma ile ilgili bazı yaklaşımlar

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi yüksek sıcaklık derecelerinde hava - subuharı karışımı içerisinde kurutma, başlangıç aşamasında ağaç malzemenin rutubet vermesi hemen daima bir kısmi buhar basıncı meyl (gradieni)¹ sebebiyle olmaktadır. Kurutmanın daha sonraki aşamalarında ağaç malzeme aşırı basınç hasil olmakta ve malzeme içerisindeki buhar hareketi toplam basınç farkları sonucu gerçekleşmektedir (KOLLMANN 1954; KOLLMANN, SCHNEIDER 1961). Böyle bir kısmi basınç - toplam basınç koordinasyonu ile meydana gelen kurutmada ağaç malzeme içerisinde oluşan aşırı basıncın büyüklüğü yaş termometre sıcaklık derecesinin yüksekliğine bağlıdır. Bu büyüklük yaş termometre sıcaklık derecesinin düşmesiyle küçülmektedir. Yaş termometrenin düşmesine uygun olarak hava hareket hızının kurutma hızı üzerine olan etkisi de azalmaktadır.

¹ Bakınız sayfa 144

Kızgın hava - buhar karışımı içerisinde kurutmanın karakteristik özelliği yağ termometrenin 100°C dan daha düşük olması ve ağaç malzeme sıcaklığının bağlan-gıçta 100°C un altında bulunmasıdır. Böylece, bu yöntemde ağaç malzeme ile ku-rutma ortamı sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı daha büyüktür. Ağaç malzeme sı-caklığının kurutma ortamının sıcaklığından daha düşük olması nedeniyle, yüzeylere doğru olan rutubet akışı daha yavaş olmaktadır (JANIK 1960).



Yağ termometre

Resim 3

Normal basınç altında (760 Torr) 100°C ile 200°C sıcaklık dereceleri arasında kuru ve yağ termometre sıcaklık dereceleri ile bağıl nem dereceleri arasındaki ilişkiler (SCHNEIDER 1972 e göre).

100°C un üstündeki sıcaklıklarda hava -subuharı karışımının bağıl nemi normal basınç altında çok çabuk düşmektedir.¹ Yüksek bağıl nem sağlamak için basıncın yükseltilmesi gerekmektedir (Resim 1). SCHNEIDER (1972) tarafından

¹ Kurutma ortamında mevcut olan subuharı basıncı P_D normal basınç altında 760 Torru aşmadığı için, buna karşın doymuş buhar basıncı P_{DS} sıcaklığın artması ile dik bir şekilde yükseldiğinden kurutma ortamının sıcaklığının yükselmesi ile bağıl nem miktarları azalmaktadır (SCHEIDER 1972, s. 385).

$$\text{Bağıl nem } \varphi = \frac{P_D}{P_{DS}} \cdot 100$$

100°C ile 200°C arasındaki sıcaklıklarda normal basınç altında kurutma ortamının bağıl nemini saptamak için basit bir diyagram geliştirilmiştir. Resim 3 de görülen bu diyagramda 100°C da bağıl nem % 100 iken, 105°C da % 84 e, 130°C da % 37,5 a ve 180°C da % 10 a düşmektedir. Genel olarak yüksek sıcaklıklarda kurutmada, bağıl nem vasıtasıyla kurutmanın etkilenmesi olanakları 100°C un altındaki sıcaklıklarda kurutmadaki olanaklardan daha azdır.

100°C sıcaklık derecesinin üstünde hava - buhar karışımına havanın katılım oranı ve sıcaklık derecesi bilinirse ağaç malzeme içerisinde oluşmaya yönelik denge rutubeti miktarları Resim 1 ve 2 den bulunabilmektedir. Örneğin, hava katılımı % 20 olan hava - buhar karışımının bağıl nemi % 80 olup, 110°C da denge rutubeti % 5,5 tur.

Hava - subuharı karışımı içerisinde kurutmada hava katılım oranı yükseldikçe kurutma güçleşmekte, kurutmanın şiddeti artmaktadır. Örneğin 110°C da % 100 bağıl nemde yani saf kızgın buhar içerisinde denge rutubeti % 7 dolayında iken, % 80 bağıl nemde % 5,5, % 60 bağıl nemde % 4 dolayında bulunmaktadır. Hava katılım oranı yükseldikçe denge rutubeti düşmekte böylece kurutma meyli büyüdüğünden kurutma daha şiddetli olmaktadır. Ancak, sıcaklık derecesi yükseldikçe bağıl nem eğrileri birbirine iyice yaklaştığı için kurutma meylinin yükselmesi çok az olmaktadır.

Diğer taraftan kurutma sıcaklığının yükselmesi ile hava katılımının kurutma üzerine olan etkisi kuvvetli derecede düşmektedir. Örneğin % 70 hava - % 30 buhar karışımı bir ortamda hava katılımının etkisi 110°C da 100°C da kinden daha azdır.

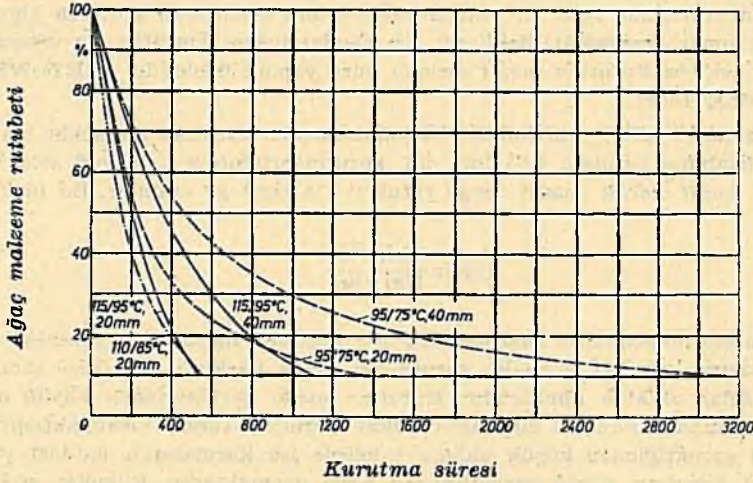
6.2. Kurutma hızı ve süresi

Yüksek elastizite, odun içinde hasil olan yüksek iç basınç ve düşük denge rutubeti gibi özelliklerle bağlantılı olarak kızgın hava - subuharı karışımı içerisinde kurutma klasik kurutmaya nazaran oldukça hızlı cereyan etmektedir. Yapılan bazı deneme sonuçlarına göre, kurutma süresinde % 50 ye yakın bir kısalma sağlanabilmektedir (SCHNEIDER 1976; SALAMON McINTYRE 1970).

SCHNEIDER (1976), 100°C sıcaklık derecesinin üstünde ve altındaki sıcaklıklarda hava - subuharı karışımı içerisinde Göknar ve Kayın biçilmiş malzemeleri ile kurutma denemeleri yapmıştır. 100°C sıcaklık derecesinin üstündeki denemelerde kuru termometre 115°C, yağ termometre 95°C (115/95°C), 100°C sıcaklık derecesinin altındaki denemelerde kuru termometre 95°C ve yağ termometre 75°C (95/75°C), her iki haldede hava hareket hızı 3 m/s olarak ayarlanmıştır. 500×110×20 mm ve 500×110×40 mm boyutlarındaki örnekler ile yapılan bu denemelerin sonuçlarına göre 115/95°C olarak ayarlanan koşullardaki kurutma süresi 95/75°C olarak ayarlanan koşullardaki kurutma süresinden önemli ölçüde kısadır. Resim 4 de bu denemelerde elde edilen kurutma eğrileri görülmektedir. Aynı araştırmacı bir başka araştırmada (SCHNEIDER 1972) 20 mm kalınlıktaki Çam diri odunu örnekleri (450×100 mm) ile çalışmış ve yaptığı denemelerde çeşitli sıcaklıklar ve iki değişik hava hareket hızı uygulamıştır. Yağ termometrenin 90°C ve hava hareket hızının 3 m/s olarak ayarlandığı denemelerde % 100 başlangıç rutubetinden % 10 sonuç rutubetine; kuru termometrenin 110°C ayarlandığı denemelerde 9 saatte, 130°C ayarlandığı denemelerde 5,3 saatte, 150°C da 3,6 saatte, 180°C da 2,4 saatte ulaşılmıştır. Hava hareket hızı 12 m/s ye yükseltildince aynı koşullarda kurutma süreleri 6,4, 3,7, 3,8 ve 1,7 saate düşmüştür. Araştırmacıya göre 3 m/s lik hava hareket hızından 12 m/s lik hava hareket hızına yükselmekle elde edilen kısalma, 15°C sıcaklık yükselmesi ile elde edilen kısalmaya eşdeğerdedir. Aynı araştırmada aynı ko-

sullarla aynı boyutlardaki kayın örnekleri ile yapılan denemelerde 130, 150 ve 180°C sıcaklık derecelerinde elde edilen sürelerin çam diri odunu ile yapılan denemelerden daha kısa olduğu belirtilmektedir.

Hava hareket hızının kurutma hızı üzerine olan etkisi hava - subuharı karışımının yağ termometre sıcaklık derecesinin düşmesi ile yani hava katılım oranının yükselmesi ile azalmaktadır. Bu etki yüksek buhar payı olan hava - subuharı karışımı ile yüksek sıcaklıklarda kurutmada saf kızgın buhar içerisinde kurutmadan daha azdır. Buna karşın 100°C un altındaki sıcaklıklarda kurutmadakinden daha büyüktür (KOLLMANN, SCHNEIDER 1961).



Resim 4

500×110×20 mm ve 500×110×40 mm boyutlardaki Kayın örnekleri ile 95/75°C ve 115/95°C (Hava hareket hızı 3 m/s) koşullarında hava - su buharı karışımı içerisinde yapılan denemelerde kurutma eğrileri (SCHNEIDER 1976, e göre).

Biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında kurutma süresinde kısalma sağlamak için klasik kurutma ile yüksek sıcaklık derecelerinde kurutmayı kombine ederek kademelendirilmiş bir kurutma yapmak da mümkündür (SALAMON, McBRIDE 1966; SALAMON 1973). Böylece özellikle başlangıç rutubeti yüksek olan biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında kurutma süresi ve kalitesi bakımından iyi sonuçlara ulaşılmaktadır. SALAMON, Mc INTYRE (1970) nın 50 mm kalınlıktaki Ladin (Picea glauca) keresteleri ile yaptığı denemelerde % 41 başlangıç rutubetinden 11f doygunluğu rutubet derecesine kadar düşük sıcaklık (Max 93,5°C) ve yüksek hava hareket hızı (4,57 m/s) uygulanmış daha sonra yüksek sıcaklık (111°C) ve düşük hava hareket hızı (2.0 m/s) ile devam edilerek % 10 sonuç rutubetine 40 saatte ulaşılmıştır. Aynı kereste klasik kurutma yöntemi ile (max 93,5°C ve hava hareket hızı 1.27 m/s) % 48 başlangıç rutubetinden % 12 sonuç rutubetine kadar 75 saatte kurutulabilmiştir. Bu sonuçlara göre kurutma süresinde yarıya yakın bir kısalma olmuştur.

6.3. Kurutma programları ve kurutmanın yönetilmesi

Biçilmiş ağaç malzemenin kızgın hava - subuharı karışımı içerisinde kurutulmasında başarılı bir kurutma, klasik kurutmada olduğu gibi uygun şekilde hazırlan-

miş kurutma programlarına göre yapılabilmektedir. Türkiye'nin önemli bazı orman ağaçlarından elde edilen biçilmiş malzemenin klasik kurutma yöntemi ile kurutulmasında uygulanabilecek kurutma programları hazırlanmış ve yeni bir programın hazırlanması ile ilgili esaslar verilmiş bulunmaktadır (KANTAY 1978 a; 1978 b). Buna karşın kızgın hava - subuharı karışımı içerisinde kurutma için bu yönde çalışmalar henüz yapılamamıştır.

Kızgın hava - subuharı karışımı içerisinde kurutmada uygulanabilecek kurutma programları da klasik kurutma programlarının hazırlanmasındaki esaslara göre hazırlanmaktadır. Klasik kurutmada bir kurutma programının hazırlanması, ağaç malzemenin rutubeti ile kurutma ortamının sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen ve odun içerisinde belli bir rutubet derecesinin oluşmasını sağlayan higroskopik denge rutubeti arasındaki ilişkilerin düzenlenmesinden ibarettir. Bu düzenlemeler en kolay şekilde *Kurutma meylli* esasına göre yapılabilmektedir (KEYLWERTH 1950; STEIMLE 1965).

Kurutma meylli (TG), kurutulan ağaç malzemenin kurutma sırasında herhangi bir andaki ortalama rutubeti (% Um) nin, kurutma ortamının o andaki sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak oluşan denge rutubeti (% Ugl) ye oranıdır. Bu tarife göre eşitlik

$$TG = \frac{Um (\%)}{Ugl (\%)}$$

şeklinde dir.

Bir kurutma programının hazırlanması için kurutma meyllinin seçilmesinde ağaç türü ve malzeme kalınlığı yanında, kurutmada kalite istekleri, kurutma ekonomisi gibi mulahazalar dikkate alınmalıdır. Kurutma meylli gerektiğinden büyük olduğu takdirde kurutmanın kalitesi düşmekte, fakat kurutma süresi kısalmaktadır. Kurutma meylli gerektiğinden küçük olduğu takdirde ise kurutmanın kalitesi yükselmekte, fakat kurutma süresi gerektiğinden fazla uzamaktadır. Bilindiği gibi seçilen kurutma meylli kurutma süresince sabit tutulmaktadır.

Biçilmiş ağaç malzemenin kızgın hava - subuharı karışımı içerisinde kurutulmasında uygulanabilecek kurutma programları klasik kurutmada olduğu gibi kurutma meylli esasına göre hazırlanmaktadır. Buna göre önce ağaç malzemenin özellikleri dikkate alınarak bir kurutma meylli seçilmektedir. Bu değer ve ağaç malzeme rutubeti yardımıyla kurutma meylli formülünden denge rutubeti değeri hesaplanmaktadır. Hesaplanan denge rutubetini sağlayan sıcaklık ve bağıl nem Resim 1 deki diyagramdan bulunmaktadır. Gerçekte bulunan denge rutubetini sağlayan sıcaklık dereceleri ve bağıl nem yüzdeleri çok değişik bulunmaktadır. Ancak program hazırlamak için belli bir sıcaklık derecesi de önceden seçildiği için diyagramdan yalnız bağıl nem alınmaktadır. Seçilen sıcaklık ve böylece bulunan bağıl nem yardımı ile Resim 3 den yaş termometre sıcaklık derecesi de bulunarak program için gerekli olan değerler tamamlanmış olmaktadır.

Örnek : Kurutma meylli 4, kurutma sıcaklığı 110°C seçilirse, ağaç malzemenin % 20 rutubet kademesinde kurutma fırını ikliminin oluşturacağı denge rutubeti % 5 (% Ugl = $\frac{\% 20}{4} = \% 5$) olarak hesaplanır. Resim 1 den % 5 denge rutubeti eğrisi ve apsis eksenini üzerinde seçilen sıcaklık 110°C bulunur. 110°C den % 5 denge rutubeti eğrisine dik çıkılır. Bulunan noktadan ordinat eksenine yatay yönde gidilerek bağıl nem % 53,5 elde edilir. Resim 3 den 110°C sıcaklık derecesinde % 53,5 bağıl nemi sağlayan yaş termometre sıcaklık derecesi 93°C olarak bulunur. Buradan psikrometrik fark 110-93°C=17°C olarak hesaplanır.

Resim 1 e göre normal basınç altında % 5 denge rutubeti oluşturan sıcaklık sınırı 116°C dir. 116°C da bağıl nem % 56 olmaktadır. Kurutma sıcaklığı 127°C çıkarıldığı takdirde % 5 denge rutubetini sağlayan bağıl nem % 60 a çıkmakta fakat böylece basıncın 1,5 atmosfere yükseltilmesi gerekmektedir. Bu taktirde yağ termometre sıcaklık derecesi 110°C olmaktadır.¹ Normal basınç altında çalışılması nedeniyle Resim 1 deki 1 atmosfer basınç alanına kadar olan denge rutubetlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Kurutma meyli esasına göre nem miktarı lif doyunluğu nem derecesinin altında bulunan malzemenin çeşitli nem basamaklarında yukarıda açıklandığı şekilde düzenlemeler yapılabilir. Lif doyunluğu nem derecesinin üstünde ise sabit iklim koşulları ile hareket edilebilir.

Hazırlanan kurutma programlarına göre kurutmanın yönetilmesi oldukça kolaydır. Kurutma fırını kapatıldıktan sonra çok küçük psikrometrik farklar ile kurutma fırınının 100°C ye kadar ısınması sağlanır. Bu sırada ağaç malzemenin de ısınmasını temin etmek için bu durum bir kaç saat sürdürülür. Sonra kurutma sıcaklığı kademe kademe yükseltilerek programda verilen sıcaklığa çıkarılır. Bu sırada bağıl nem düşer. Programda verilen bağıl neme ulaşıldıktan sonra sabit koşullarla lif doyunluğu nem derecesine kadar kurutulur. Lif doyunluğu nem derecesinden sonuç nem yüzdesine kadar programa uygun olarak kurutmaya devam edilir. Kurutmanın son periyodu iki aşamada uygulanmaktadır. Önce ısı verilmeksizin taze hava sevk edilerek fırın sıcaklığı 100°C sıcaklık derecesine düşürülür. Böylece ağaç malzemenin iç tabakalarının sıcaklığı dış tabakalarının sıcaklığından daha sıcak duruma geldiği için negatif sıcaklık meyli meydana gelir. Sonra ısıtma kesilerek taze hava giriş klapeleri açılır. Bu şekilde ağaç malzemenin dışarı alma sıcaklığına kadar soğuması sağlanır.

6.4. Kurutma kalitesi

Kaynama sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda kurutmada odun içerisinde oluşan aşırı basınç nedeniyle buhar hareketi çabuk ve yeknesak bir şekilde cereyan etmektedir. 110°C sıcaklık derecesinin üstündeki sıcaklıklarda ağaç malzeme çok elastikleşmektedir. Bu nedenlerle hava aktılım oranı çok düşük olan hava - subuharı karışımı bir kurutma ortamında kesilmiş ya da soyulmuş ince malzemelerde hiç, biçilmiş kalın malzemelerde ise, çatılma ve çarpılmalara neden olacak ölçülerde gerilme farklılaşmaları meydana gelmemektedir. Ancak, hava katılım oranı artıkça bu farklılaşmalarda artma görülmekte ve böylece kurutma güçleşmektedir.

SCHNEIDER (1976) in kayın ve göknar örnekleri ile yaptığı denemelerde önemli kusurların meydana gelmediği belirtilmektedir. 95/75°C 115/95°C iklim koşullarında kurutulan kayın örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde, enine kesit çatlakları ve kollaps oluşumunun 115/95°C (Resim 5 e göre bağıl nem % 50 olup hava katılım oranı yüksektir) koşullarında önemsiz derecede biraz daha şiddetli olduğu, ayrıca her iki halde de yoğun bir renk değişimi meydana geldiği bildirilmektedir. Göknar örneklerinde ise adı geçen kusurların oluştuğu, ancak kayın örneklerine nazaran genel olarak daha az şiddette ve miktarlarda bulunduğu belirtilmektedir.

7. KIZGIN BUHAR İÇERİSİNDE KURUTMA

7.1. Kızgın buhar içerisinde kurutma ile ilgili bazı yaklaşımlar

Pratikte *Kızgın Buhar İçerisinde Kurutma* olarak bilinen bu yöntemde kurutma ortamını aşırı ısıtılmış doyun haldeki kızgın subuharı oluşturmaktadır. Endüstri-

¹ Czepek 1952, s. 2, Resim 2

riyel olarak ağaç malzemenin kurutulmasında klasik kurutma yönteminden sonra en fazla kullanılan kurutma yöntemidir. Özellikle iğne yapraklı biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında uygulanmaktadır.

100°C sıcaklık derecesinin üstünde sıcaklığın artması ile normal basınç altında bağıl nem yüzdeleri azalmaktadır (Resim 1 ve 2). 100°C sıcaklık derecesinin üstünde normal basınç altında kızgın buhar içerisinde kurutmada, yağ termometre sıcaklığı 100°C olduğu için denge rutubeti kuru termometrenin bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Resim 2 deki % 100 bağıl nem eğrisi normal basınç altında geçiriltili sıcaklıklarda ağaç malzeme içerisinde oluşmaya yönelen denge rutubeti yüzdelerini göstermektedir. Tablo 1 de de bu eğri yardımı ile bulunan sıcaklık ve denge rutubeti değerleri görülmektedir.

Saf kızgın buhar içerisinde kurutmada buhar kısmi basıncı kurutma ortamının toplam basıncına eşittir. Havanın atılmasından sonra odun içerisinde de saf kızgın buhar atmosferi hakim olmaktadır (KYLWERTH, GAISEK, MEICHSNER 1955).

Tablo 1.

Normal atmosfer basıncında (760 Torr) saf kızgın buhar içerisinde higroskopik denge rutubetli yüzdeleri (LEMPELIUS 1959).

Kuru termometre (Kızgın buharın) sıcaklığı (°C)	Yağ termometre sıcaklığı (°C)	Higroskopik denge rutubeti (%)
100,2	100	20
100,6	100	18
101,3	100	16
102,3	100	14
103,8	100	12
105,8	100	10
107,1	100	9
108,6	100	8
110,6	100	7
113,2	100	6
117,0	100	5
122,1	100	4
129,3	100	3

Ağaç malzemenin aşırı ısıtılmış buhar içerisinde kurutulmasında, malzeme içerisinde meydana gelen aşırı basınç ve böylece nem hareketi için nisbeten iyileşen koşulların klasik kurutmaya nazaran ağaç malzeme daha küçük rutubet farklarının oluşumunu ve daha küçük daralma gerilmelerinin hasıl olmasını sağladığı bilinmektedir (KRISCHER, KRÖLL 1959). Buna ilaveten kızgın buhar içerisinde kurutmada kurutma ortamı hareket hızının düşük rutubet derecelerine kadar etkili olduğu gösterilmiştir. Bundan dolayı kızgın buhar içerisinde kurutmada hava hareket hızının yükselmesi daha büyük yarar sağlamaktadır (KEYLWERTH, GAISER, MEICHSNER 1955; KOLLMANN, SCHNEIDER 1361). Bu bakımdan son yıllarda kızgın buhar ortamının hareket hızının artırılması önerilmektedir. Örneğin GILWALD TSCHIRNICH (1967) optimal olarak 6 m/s ilk hızı önermektedir

7.2. Kurutma programları ve kurutmanın yönetilmesi

7.2.1. Kurutma programları

Saf kızgın buhar içerisinde kurutmada kurutma ortamının yaş termometre sıcaklığı suyun kaynama sıcaklığı ile aynı olduğu için kurutma sırasında her zaman kesin olarak bilinmektedir. Bu nedenle bu kurutma yönteminde yalnız kurutma sıcaklığının (kuru termometre) bilinmesi ve yönetilmesine gerek vardır. Böylece Hava - Subuharı karışımı içerisinde kurutmada olduğu gibi Psikrometrik yönetime gerek kalmamaktadır. Yönetimdeki kolaylık ve dolayısıyla yöntemin masraflarının azlığı bu yöntemin avantajlı yanı olarak değerlendirilmektedir.

Kurutma programlarının hazırlanmasında hava - subuharı karışımı içerisinde kurutma yöntemlerinde olduğu gibi gene kurutma meylli esasından hareket edilmektedir. Kurutma meylli eşitliği yardımı ile her rutubet kademesinde denge rutubeti yüzdeleri bulunabilir. Öte yandan bu yöntemde denge rutubeti kuru termometre sıcaklığının bir fonksiyonu olarak belirlenebildiği için seçilen bir sıcaklık yardımı ile denge rutubetini yada denge rutubeti yardımı ile kurutma sıcaklığını bulmak mümkündür. Resim 2 de % 100 bağıl nem eğrisi ya da daha kolay olarak Tablo 1 den seçilen sıcaklıklar yardımı ile denge rutubetleri; yada kurutma meylli formülünden hesaplanan denge rutubetleri yardımı ile kurutma sıcaklıkları bulunmaktadır. Örneğin, kurutma meylli 4 seçilirse, ağaç malzeme rutubetinin % 12 olduğu rutubet kademesinde denge rutubeti kurutma meylli formülünden $\% 3 \left(\% U_{gl} = \frac{\% U}{TG} = \frac{\% 12}{4} = \right)$ % 3 olarak hesaplanır. Resim 2 de apsis eksenini üzerinde bu denge rutubeti değeri % 3 bulunur. Bu noktadan yukarıya doğru çıkılarak % 100 bağıl nem eğrisini kestiği nokta işaretlenir. Bu noktadan ordinat eksenine doğru apsis eksenine paralel olarak gidilir. Ordinat eksenini üzerinde bulunan yaklaşık 130°C (Tablo 1 de 129,3 verilmektedir) kurulmada uygulanacak kurutma sıcaklığıdır.

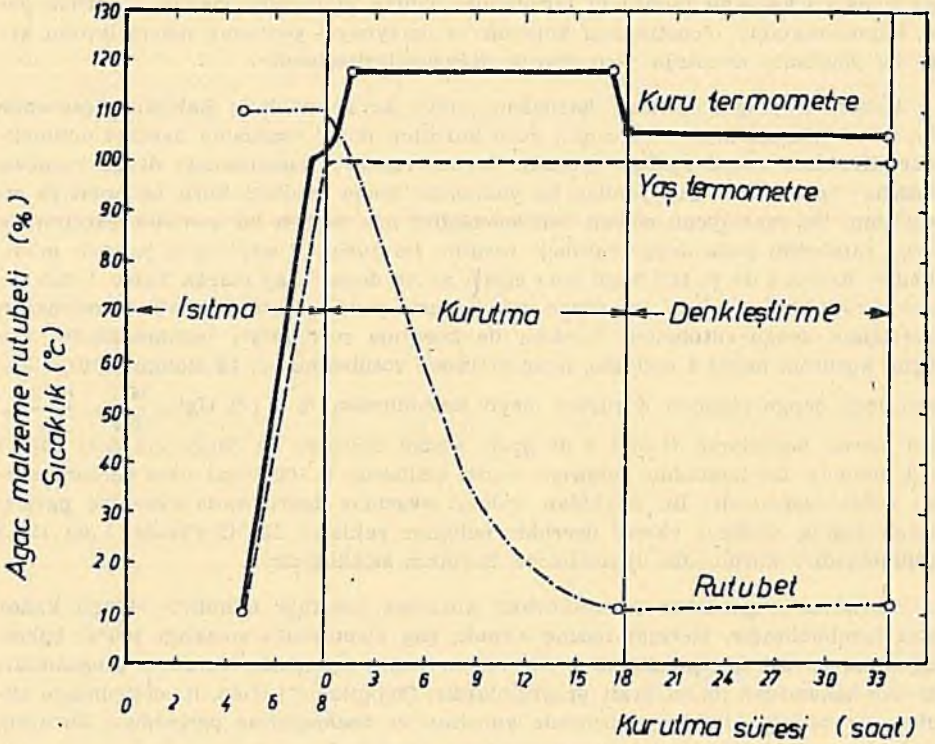
Kurutma programları hazırlanırken kurutma sıcaklığı mümkün olduğu kadar sabit tutulmaktadır. Normal basınç altında yaş termometre sıcaklığı 100°C olduğundan ve hiç değişmediğinden saf kızgın buhar içerisinde kurutma programları bir kaç kademeden ibaret basit programlardır. Çoğunlukla ısıtma, lif doygunluğu rutubet derecesinin altında ve üstünde kurutma ve denkleştirme periyodları kurutma programlarının kademelerini oluşturmaktadır (Resim 5).

7.2.2. Kurutmada uygulanabilecek sıcaklıklar

Biçilmiş ağaç malzemenin kızgın buhar içerisinde kurutulmasında uygulanabilecek kurutma sıcaklıkları ağaç türü ve malzemenin başlangıç rutubeti ve kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. SERGOVSKIJ (1963) 30 mm kalınlıktaki iğne yapraklı ağaç kerestelerinin % 20 rutubet derecesine kadar 114°C sıcaklık derecesinde, daha sonra sonuç rutubetine kadar 135°C sıcaklık derecesinde kurutulmasını, 20 mm kalınlıktaki kerestelerin gene aynı rutubete kadar 127°C, daha sonra 140°C sıcaklık derecesinde kurutulmasını önermektedir. SALAMON (1960) da ince biçilmiş iğne yapraklı ağaç kerestelerinin iki periyod uygulamak kaydı ile en yüksek 141°C a çıkılabileceği ve böylece tatmin edici sonuç alınabileceği belirtilmektedir.

Daha önceleri EGNER (1951) in taze haldeki kayın ve kavak örnekleri ile (38 mm) yaptığı denemelerde 100 - 110°C sıcaklık derecelerinde iç çatlıkları, hücre çökmeleri, kalınlık kaybı ve çok aşırı derecede renk değişimleri olduğunu belirtmek.

tedir. KEYLWERT, GAISER, MEICHSNER (1955) in yaptığı denemelerde taze ve hava kurusu halde, 18... 45 mm kalınlıklarda çam ve ladin kerestelerini saf kızgın buhar ortamında 115... 132°C sıcaklık derecelerinde kusursuz bir şekilde kurutulmuştur. Aynı araştırmada 45 mm kalınlıktaki hava kurusu Huş keresteleri de 127°C da kusursuz bir şekilde kurutulmuştur. Buna karşın 20 mm kalınlıktaki meşenin 120°C da, 45 mm kalınlıktaki meşenin 110°C da kurutulmasında kuvvetli derecede yüzey çatlakları görülmüştür.



Resim 5.

Kızgın buhar içerisinde kurutma ile ilgili bir kurutma programı örneği (30 mm kalınlıkta çam kerestesi, kurutma ortamının hareket hızı 3,5 m/s. LANGENDORF, EICHLER 1973).

HÜBNER, MÜLLER (1965) 25 ve 40 mm kalınlıktaki ladin ve çam örnekleri ile kızgın buhar ortamında 115°C da yaptığı denemelerde kurutma süresi ve kalitesi bakımından iyi sonuçların alındığını belirtmektedir.

KÜBLER (1965) de taze halde 25 mm kalınlıktaki Çam kerestelerinin 2 m/s lik hava hareket hızında 200°C un üstündeki sıcaklıklardaki kızgın buhar ortamında (denge rutubeti % 0,1) çatlamadığı belirtilmektedir. Bilindiği gibi odunun tutuşma sıcaklığı, ağaç türü ve sıcaklığın etki süresine göre 190°C ile 220°C sıcaklık dereceleri arasındadır. Yüksek sıcaklık uygulamalarında ağaç malzeme yeterli rutubet derecesine sahip olduğu sürece zarara uğramamaktadır.

Diğer taraftan KÜBLER (1965) de 40 mm kalınlıktaki çam kerestelerinin kurutulmasında çıkılabilecek en yüksek sıcaklık 120°C, 60 mm kalınlıktaki 110°C ol-

duğu, daha yüksek sıcaklık derecelerinin çatlamlara sebebiyet verdiği belirtilmektedir. Diğer iğne yapraklı ağaçlar ile kavak, huş, ihlamur gibi yumuşak yapraklı ağaçlar çam'a benzemektedir. Taze haldeki yapraklı ağaçlar esasen % 60... 40 rutubet derecelerinde Hücre çökmelerine (kollaps) meyillidir. Taze haldeki meşe kerestesinin kızgın buhar ortamında kurutulması uygun değildir. Şimdiye kadar meşe kerestesi ile yapılan denemelerde kuvvetli yüzey ve iç çatlakları oluşmuştur. Yüksek başlangıç rutubetine sahip kayın tahtaları dikkatli davranıldığı taktirde kızgın buhar içerisinde kurutulabilmektedir. Rutubet % 30 dan düşük olan ön kurutma yapılmış yapraklı ağaçların sert türleri daha az hassas olup bunların kurutulmasında kızgın buhar ortamı kullanılabilir. Bu taktirde 105... 130°C sıcaklık dereceleri önerilmektedir. 105°C, kalasların ilk kurutma kademesinde, 130°C ise tahtaların üçüncü kurutma kademesinde (son kurutma kademesi) uygun bulunmaktadır.

Diğer taraftan EICHLER (1978) de kurutma tekniği ve ekonomik sebeplerden dolayı kurutma sıcaklığının 112... 130°C sıcaklık dereceleri arasında olması gerektiği belirtilmektedir.

7.2.3. Kurutmanın yönetilmesi

Kızgın buhar içerisinde kurutmada *ısıtma periyodunun* uygun şekilde ve özenle yönetilmesi kurutmanın başarısı bakımından çok önemlidir. Ağaç malzeme bu periyotta kurumaya başlamaktadır. Kuruma sırasında dış tabakalar rutubet kaybederse, daha sonra başlayan *kurutma periyodunda* dış sertleşme (kabuklaşma) olayı ve buna bağlı olarak iç çatlak oluşumu tehlikesi ortaya çıkabilmektedir. Bu bakımdan ısıtma periyodunda küçük bir psikrometrik fark ile hareket etmek ve mümkün olduğu kadar çok subuharı püskürterek bağıl nemi % 100 e çıkarmaya çalışmak gerekmektedir. Isıtma periyodunun sonunda kurutma ortamı % 100 bağıl neme ulaştırılmalıdır.

Bilindiği gibi ısıtma sırasında çatlak oluşumu tehlikesi, ağaç malzemenin dış tabakalarının iç tabakalardan daha sıcak olması ve sıcaklık farklarının meydana gelmesinden ileri gelmektedir (KANTAY 1977). Ortamın bağıl nemi düşük olduğu takdirde ısınan dış tabakalarda kuruma başlamakta sıcaklık farkları yanında rutubet farkları da meydana gelmekte ve rutubet farkları giderek büyümektedir. Taze haldeki ağaç malzeme dilendiği kadar çabuk ısıtılabilir. Yüzeylerden olan buharlaşma çabuk bir şekilde kızgın buhar ortamını oluşturmaktadır. Ön kurutma yapılmış iğne yapraklı ağaçlar (normal olarak bunlarda kuruma gerilmeleri mevcuttur) ve bütün yapraklı ağaçların kalın kerestelerinin çatlama tehlikesine karşı ısıtma periyodunda kurumamaları sağlanmalıdır. Bunun için buhar püskürtülmeli ve hava katılımının sıfıra inmesine çalışılmalıdır. Saf kızgın buhar atmosferi oluşup, ağaç malzemenin iç tabakaları yaklaşık olarak 100°C yükseldikten sonra kurumaya izin verilmelidir. 100°C sıcaklık derecesinin üstündeki sıcaklıklarla subuharı, normal basınç altında ısınmaktadır. Böylece ağaç malzemeye yoğunlaşma olmaksızın ısı verilebilmektedir (KÜBLER 1965).

Kurutma periyodu iki bazen üç kademede uygulanmaktadır. İki kademeli uygulamalarda lif doygunluğu rutubet bölgesi iki kademe arasındaki geçişi teşkil etmektedir. Kızgın buhar içerisinde yaş termometrenin yönetilmesi söz konusu olmadığı için yalnız kuru termometrenin yönetilmesi ve programa göre ayarlanması yeterlidir. Kuru termometrenin ayarlanıp yönetilmesi, ısıtıcı madde olarak buhar ya da kızgın yağ kullanılan tesislerde termostatik rentil ya da vana yardımı ile, elektrik kul-

lanılan fırınlarda ise termostat yardımı ile yapılabilir. Öte yandan kurutma periyodunun sonunu belirlemek üzere ağaç malzemenin rutubetinin ölçülmesi gerekmektedir. Bunun için kapıların açılıp örneklerin alınması kızgın buhar içerisinde kurutma yöntemi bakımından uygun değildir. En iyisi, elektrodları ağaç malzemeye çakılmış dışarıdan kontrol edilebilen bir elektrikli rutubet ölçer kullanmaktır. Diğer bir olanak da bir kontak termometre ile ağaç malzemenin sıcaklığını ölçmektir. Yaklaşık olarak % 20 rutubet derecesinden itibaren azalan rutubet miktarları ile odun içerisindeki difüzyon dirençleri çok fazla yükselmekte ve böylece rutubet kaybı bir zaman içerisinde gittikçe ve daima daha az miktarlara düşmektedir. Bu sırada devamlı verilen ısı nedeniyle ağaç malzemenin sıcaklığında hissedilebilir bir yükselme olmaktadır. Eğer odun iç sıcaklığı bir kontak termometre ile kontrol edilir ve bir sıcaklık derecesine ayarlanırsa, kurutma periyodu sonunu kontrol etmek mümkündür. Bu sıcaklık kurutma periyodu sonunda ulaşılmak istenen rutubete tekabül eden sıcaklıktır ve tablo 1 den bulunabilir.

Kurutmanın sonuna doğru ağaç malzemenin ortalama rutubeti kurutma ortamının yönlendirdiği denge rutubetine yaklaşırsa, kurutma hızı gittikçe daha fazla yavaşlamaktadır. Hızı arttırmak için sıcaklığın yükseltilmesi uygun bulunmaktadır. Odunun rutubeti sıcaklığın oluşturacağı denge rutubetine erişmeden önce ısıtmaya son verilmektedir. Bu sırada ağaç malzemenin dış tabakaları iç tabakalarından daha kurudur. Müteakip soğumada rutubet farkları azalmaktadır. Yüksek kalite istekleri için denkleştirme işlemi uygulanarak iç tabakalarla dış tabakalar arasındaki rutubet farklarının giderilmesine çalışılmaktadır.

Hızlı kuruma nedeniyle kızgın buhar içerisinde kurutma yönteminde kurutma periyodu sonunda klasik kurutma yönteminin kurutma periyodunun sonuna nazaran ağaç malzeme içerisinde daha yüksek rutubet ve gerilme farklılıkları mevcuttur. Bu nedenle hasil olacak kalite düşmelerine karşı TGL 21501 de kurutma periyodu süresi kadar bir denkleştirme periyodu süresi uygulanması önerilmektedir. Bu süre içerisinde kurutma sıcaklığı sonuç rutubetine bağlı olarak Tablo 1 deki değerlere düşmelidir. Örneğin sonuç rutubeti % 8 istenirse sıcaklık 108,6°C ayarlanmalıdır.

7.3. Kurutmanın kalitesi

Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi kızgın buhar içerisinde kurutma yönteminde ısıtma periyodunda dikkatli davranılmalıdır. Yüzeylerdeki çabuk kuruma ve dolayısıyla ortaya çıkan dış sertleşme hali daha sonra kurutma periyodunda iç çatlak oluşumuna yol açmaktadır.

Kurutma periyodunda ağaç malzeme sıcaklığı 100°C a ulaşmakta ve böylece daha elastik bir hal olmaktadır. Buna bağlı olarak kurutma periyodunda hasil olan yüksek gerilme farklılıkları ve dolayısıyla çekme gerilmeleri, odunun çekme direncinden daha küçük kaldığı için çatlamlar oluşmamaktadır.

Genel olarak çatlak oluşumu ve çarpılmalar bakımından kurutmanın kalitesi klasik kurutmaya göre daha iyidir. Buna karşın renk değişimleri ve reçine salgılanması (sızması) çok yoğundur. Ancak, renk değişimleri ve reçine salgılanması önemli kurutma kusurları olarak sayılmamaktadır.

Bundan önceki bölümlerde, bu yöntemle yapılmış olan bazı kurutma denemelerinin kurutma kalitesi bakımından sonuçları açıklanmış bulunmaktadır.

8. S O N U Ç

Bugüne kadar yapılmış olan çok sayıdaki araştırmalar, hava katılımı olan kızgın buhar içerisinde kurutma yönteminin özellikle kesilmiş yada soyulmuş hafif malzemelerin kurutulmasında uygulanmasının son derece uygun olduğunu göstermiştir. Buna karşın bu araştırmalar, biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında yalnız belli kalınlıklara kadar olan iğne yapraklı ağaç kerestesinin kurutulmasında iyi sonuçların alınabileceğini, yapraklı ağaçlardan ise yalnız kayının kurutulmasında başarılı olunabileceğini ortaya koymuştur. Uzun süreden beri ve günümüzde endüstriyel olarak kaplama levhalarının ve yongaların kurutulmasında bu yöntem uygulanmaktadır.

Yüksek sıcaklık derecelerinde kızgın buhar ortamına hava katılım oranı arttıkça kurutma güçleşmektedir. Bu bakımdan biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında hava katılımı olmayan saf kızgın buhar ortamı çok daha uygun bulunmaktadır. Kızgın buhar içinde kurutma yöntemi endüstride klasik kurutma yönteminden sonra en çok uygulanan kurutma yöntemidir. Bu yöntemle iğne yapraklı ağaçlar ve huş, ihlamur gibi yumuşak yapraklı ağaçlardan elde edilen gerek taze halde bulunan, gerekse ön kurutma yapılmış olan kerestenin kurutulmasında süre ve kalite bakımından yeterli sonuçlar alınmıştır. Taze haldeki sert yapraklı ağaç kerestesinin kurutulması güç olmaktadır. Taze haldeki meşe kerestesinin kızgın buhar ortamında kurutulmasında çatlama ve çarpılma, hücre çökmeleri, renk değişimleri gibi kurutma kusurları çok yoğun bir şekilde oluşmaktadır. Taze haldeki kayın kerestesinin kurutulmasında dikkatli davranıldığı takdirde yeterli sonuç alınabilmektedir.

Yüksek sıcaklıklarda kurutmada kurutma süresinde klasik kurutmaya nazaran % 50 ye yakın bir kısalma olmaktadır. Bu kısalma, kurutma kapasitesinde yükselme, enerji kullanımında düşme sağlamaktadır. Kurutmanın yönetilmesi kolay olup, yönetim giderleri düşüktür. Bu bakımlardan özellikle saf kızgın buhar içerisinde kurutma yöntemi biçilmiş ağaç malzeme kurutmada rasyonalizasyon önlemleri içerisinde yer almaktadır.

Biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında lif doygunluğu rutubet bölgesi önemli olup, kurutmada bu bölge dikkate alınarak klasik kurutma ve yüksek sıcaklık derecelerinde kurutma yöntemlerinin kombinasyonundan iyi sonuçlar alınmıştır. Bu şekilde kombine uygulamalarla kurutma süresinde klasik kurutmaya nazaran % 50 ye yakın bir kısalma sağlanmıştır.

K A Y N A K L A R

CZEPEK, R., 1940. Bericht über die Holzstockungsversuche im Elektrowärmeinstitut in Essen, Mitteilungen des Fachausschusses für Holzfragen beim VDI, Heft Nr. 28, s. 76/87.

CZEPEK, R., 1952. Theorie und Praxis der Hochtemperatur Holzstockungs. Holz als Roh- und Werkstoff 10 (1): 1-6.

EGNER, K., 1951. Zur Trocknung von Hölzer bei Temperaturen über 100°C. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 9, H. 3, S. 85-95.

- EICHLER, H., 1978. *Praxis der Holz Trocknung*. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- FISCHER, W. und CZEPEK, R. 1941. *Die Heisstrocknung von Weichholz in elektrisch beheizten Trockenkammer*. Mitteilungen des Fachausschusses für Holzfragen beim VDI, Heft Nr. 32, 10. Holztagung.
- GILWALD, W., TSCHIRNICH, J., 1967. *Über den Einfluss der Grenzschicht auf die technische Holz Trocknung*, Holztechnologie, Bd. 8, S. 328 - 332.
- HÜBNER, E., MÜLLER, H., 1965. *Trocknen von Schnittholz bei Temperaturen über 100°C im Ganzmetalltrockner Typ SHT*. Holztechnologie Bd. 6, H. 3, S. 168 - 172.
- JANIK, W., 1960. *Handbuch der Holz Trocknung*. Fachbuchverlag, Leipzig.
- KANTAY, R., 1977. *Kereste kurutmada bazı temel koşullar, kurutma kusurları ve önleme çareleri*, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 27, Sayı 2.
- KANTAY, R., 1978a. *Türkiye'nin önemli bazı orman ağaç türleri kerestelerinin teknik kurutma özellikleri üzerine araştırmalar*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın. Yayın No. 269.
- KANTAY, R., 1978b. *Kondensasyon aleti ile kurutma tekniği*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt 28, Sayı 1, Sayfa 123 - 148.
- KANTAY, R. ve BOZKURT, Y., 1980. *Biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında kullanılan kurutma metodlarının ısı ekonomisi bakımından incelenmesi*. Isı Bilimi ve Tekniği 2. Ulusal Kongresi Bildirileri, Sayfa 235 - 253. Türk Isı Bilim ve Tekniği Derneği Yayın, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- KEYLWERTH, R., 1950. *«Trocknungsgesaele» und die steuerung von Holz trockenanlage*. Holz - Zentralblatt, Jahr 76, Nr. 36, S. 375.
- KEYLWERTH, R. GAISER, MEICHSNER, 1955. *Untersuchungen an einer Heissdampf trockenanlage*. Holz als Roh - und Werkstoff Bd. 13, S. 5 - 20.
- KOLLMANN, F., 1954. *Neuere deutsch - schwedische Beitrage zur Physik der Holztrkennung*. Holz als Roh - und Werkstoff 12, S. 213 - 223.
- KOLLMANN, F. und SCHNEIDER, A., 1961. *Beitrage zur künstlichen Holz Trocknung Dritte Mitteilung. Der - Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit auf die Heissdampf trockenung von Schnittholz*. Holz als Roh - und Werkstoff Bd. 19: 461 - 478.
- KRISCHER, O., KRÖLL, K., 1959. *Trocknungstechnik 2. Bd.*, Kröll, K. Trockner und Trocknungsverfahren, Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer.
- KÜBLER, H., 1965. *Die Heissdampf trockenung*. Holz trockenung, Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 15, S. 109 - 127.
- LANGENDORF, G., EICHLER, H., 1973. *Holzvergütung*, Dresden Veb Fachbuchverlag, Leipzig.
- LEMPELIUS, J., 1969. *Die Schnittholz trockenung*. Robert Hildbrand Maschinenbau GmbH, 7446, Oberboihingen/Württ.
- SALAMON, M., 1960. *Kiln - drying of unbundled shingles at high temperatures*. Timber of Can, 21: 35 - 37.

SALAMON, M., 1973. Comparison of kiln schedules for drying spruce. *Forest Prod. J.* 23 (3): 45 - 49.

SALAMON, M. and C.F. McBRIDE, 1966. Comparison of Western hemlock and balsam for dried at high and conventional temperatures. *B.C. Lumbermann Vol. 50, No. 11.*

SALAMON, M. and McINTYRE, 1970. Combination schedule improves drying of western white spruce lumber. *Forest Prod. J.* 20 (7): 41 - 42.

SCHNEIDER, A., 1972. Zur Konvektionstrocknung von Schnittholz bei extrem hohen Temperaturen Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 30: 382 - 394.

SCHNEIDER, A., 1976. Zur Konvektionstrocknung von Schnittholz mit Luft - Dampf Gemischen bei Temperaturen im Bereich von 95°C bis 115°C. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 34: 195 - 204.

SERGOVSKLIJ, P. S., 1963. Über die Aufstellung von Planen für wirtschaftliche Trocknung von Schnittholz in Hochtemperaturtrockner. *Holztechnologie* 4: 172 - 178.

STEIMLE, K., 1965. «Fahrpläne für Trockenkammern. *Holztrocknung, Holzwirtschaftliches Jahrbuch* 15, S. 231 - 254.

TGL 21499 (1966). Technische Trocknung von Holz. *Technologiesche Forderungen an Kammertrockner (DDR - Standard).*

TGL 21501 (1966). Technische Trocknung von Holz. *Trocknung mit Temperaturen ab 100°C in Kammertrockner (DDR - Standard).*

VORREITER, L., 1958. *Holztechnologisches Handbuch Bd. II. Wien und München.*