

SERİ  
SERIES  
SERIE A  
SÉRIE

CİLT  
VOLUME  
BAND 28  
TOME

SAYI  
NUMBER  
HEFT 1  
FASCICULE  
1978

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**



# YAPIŞTIRILMIŞ TABAKALI TAŞIYICI KALIN AĞAÇ MALZEMEDE RUTUBET DAĞILIMI<sup>1</sup>

Dr. Ahmet KURTOĞLU<sup>2</sup>

## Kısa Özet

Sunulmuş olan çalışmada klima değişikliği ve zamana bağlı olarak yapıştirilmiş tabakalı taşıyıcı enine kesiti üzerindeki rutubet dağılımı belirlenmektedir. Çeşitli kurutma zamanlarında yapıştirilmiş tabakalı taşıyıcı enine kesiti üzerinde belirlenen rutubet dağılımları şekillerde gösterilmiş ve kurutma şiddetinin yapıştirilmiş tabakalı taşıyıcının en dışta bulunan tabakasından merkeze doğru oluşan rutubet meyli üstüne etkisi gösterilmeye çalışılmıştır.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı ne kadar şiddetli kurutulursa o kadar çabuk bir rutubet meyli ortaya çıkmakta ve rutubet düşüşü de o oranda dikleşmektedir. Ayrıca tek tek ladin odunu tahtalarında rutubet alma ve dağılımı ilerleyen deneme süresi ile yapıştirilmiş tabakalı taşıyıcıdakilere göre daha çabuk simetrik duruma yaklaşmaktadır.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için zamana bağlı olarak rutubet alma ve verme şekillerle gösterilmiştir. Odun tabakası yapıştirilmiş tabakalı yüzeyine ne kadar yakın ise o kadar çabuk rutubet alınıp verildiği görülmektedir.

Bundan başka kurutma süresi hala kısa olduğundan sekiz haftalık kurutma süresi sonunda odun denge rutubetine erişilememiştir.

## 1. GİRİŞ

Kolay işlenmesi ve hemen hemen her yerde kullanılabilir olması nedeniyle odun insanlığın çok eski dönemlerinden bu yana inşaat sektöründe önemli rol oynamıştır. Bu yüzyılın başlarında Weimar'da yapı ustabaşısı Hetzer tarafından ilk kez yapıştirilmiş tabakalı ağaç taşıyıcı yapılmış ve 1910 yılında ise «Hetzer Träger» adlı patenti alınmıştır. Öyle ki zamanla Hetzer Träger adı yapıştirilmiş tabakalı ağaç malzemeler için çok kullanılan bir kavram olagelmıştır.

<sup>1</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Holzforschung, Wien'de yapılmış olan «Tabakalı taşıyıcı kalın ağaç malzemede rutubet değişimleri nedeniyle oluşan Gerilmeler» (Spannungsänderungen in grossen Holzquerschnitten infolge von Feuchtigkeitsänderungen) adlı doktora tezinin kısaltılarak Türkçeleştirilmiş bir bölümüdür.

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Ürünlerinden Faydalanma Kürsüsü, İstanbul.

Tutkalların, özellikle dış hava koşullarında kullanılan odun donatımlarında (konstruksiyonlarında) değişmeden kalabilen ürefoformaldehid ve resorcinformaldehid reçinelerinin gelişmesi, yapıştırılmış tabakalı ağaç taşıyıcılarının çok hızlı gelişmesine olanak sağlamıştır.

Halen Avrupa'da yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı ağaç malzeme yapan işletmelerin üretim kapasitesi 500000 m<sup>3</sup> ile yaklaşık ABD'nin durumuna erişmiştir (FRIEDRICH 1975). Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin amaca uygun kullanılması için, higroskopik özelliklerinin ve dolayısıyla rutubet değişimlerine bağlı olan genişleme ve daralmalarının gözönüne alınması gereklidir.

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin rutubeti, yapı donatımının kullanılış yerinin amacına uygun olmalıdır. Genellikle orta Avrupa iklim koşullarında ağaç malzemenin yapılan yapı kısımları için % 30 ile % 85 bağıl nem arasında ortaya çıkan, % 6 ile % 18 lik higroskopik denge rutubeti geçerlidir. Yapıştırılmış tabakalı ağaç taşıyıcının rutubeti, bu donatım ögesi için geçerli denge rutubetini aşmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı sabit klima koşullarında (belirli bir bağıl nem ve hava sıcaklığında) bırakılırsa, çevreyi kaplayan havanın rutubeti ile yapıştırılmış tabakalı taşıyıcının rutubeti arasında bir rutubet değişimi ortaya çıkmaktadır.

DIN (Alman Endüstri Normu) 1052'ye göre yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıların rutubet miktarı kullanılış yerine göre % 6 - % 18 arasında değişir.

Genel olarak çeşitli kullanılış yerlerine göre rutubet miktarları :

- 1 — Kaloriferli kapalı yapılar % 6 - % 12,
- 2 — Kalorifersiz kapalı yapılar % 9 - % 15,
- 3 — Yalnız üstü kapalı açık yapılar % 12 - % 18 dir.

Kış aylarında her tarafı kapalı, kaloriferli, kalorifersiz ya da yalnız üzeri örtülü açık yapılarda varolan koşullar altında odunda yüksek ya da düşük bir rutubet miktarı ortaya çıkmaktadır.

Kurutmaya bırakılmış olan bir kalasta odun rutubetinin dağılışı KOLLMANN (1951)'in belirttiğine göre, SONNLEITNER (1933) ve ayrıca EGNER (1934) tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmalarda kalasın enine kesiti üzerinde farklı anatomik yönlerde (Radyal - Teget) yaklaşık olarak parabol şeklinde rutubet dağılımı belirlenmiştir. Rutubet dağılımı hakkında başka araştırmalarda bulunmakla birlikte günümüze dek yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı kalın ağaç malzemelere ilişkin bir araştırma yapılmamış bulunmaktadır. Bu nedenle klima değişikliğine bırakılmış olan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcılardaki rutubet dağılımını belirlemek için aşağıdaki deneylerin yürütülmesi öngörülmüştür.

1) 20°C sıcaklıkta bağıl nemin % 65 den % 86 ya yükselmesi nedeniyle odun rutubetinin ortalama % 12 den % 17,5 e yükselmesi,

2) 20°C sıcaklıkta bağıl nemin % 86 dan % 65 e düşmesi nedeniyle odun rutubetinin ortalama % 17,5 dan % 12 ye düşmesi,

3) 20°C sıcaklıkta bağıl nemin % 86 dan % 47 ye düşmesi nedeniyle odun rutubetinin ortalama % 17,5 dan % 8 e azalması,

4) 20°C sıcaklıkta ve % 86 bağıl nemde odun rutubetinin ortalama % 17,5 dan 30°C sıcaklıkta ve % 63 bağıl nemde ortalama % 11,5 a değişmesi,

5) 20°C sıcaklıkta ve % 86 bağıl nemde odun rutubetinin ortalama % 17,5 dan 30°C sıcaklıkta ve % 37 bağıl nemde ortalama % 6 ya değişmesi,

6) Yapay yağmurda ve tekrar kurutmada odun rutubetinin 20°C sıcaklıkta ortalama başlangıç rutubeti % 17,5, 12°C sıcaklıkta taşıyıcı yüzeyi üzerinde ortalama en yüksek odun rutubeti % 27,1 ve 30°C sıcaklıkta ortalama son rutubetin % 6 olarak değişmesi.

Ek olarak 30 ve 60 dakikalık yangın denemesinden sonraki yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı üzerindeki rutubet dağılımı literatürden belirlenmiştir.

## 2. DENEME MATERYALİ

Deneme materyali olarak 100 × 10 × 30 cm boyutlarında yapıştırılmış tabakalı kalın taşıyıcı parçası görev yapmakta, taşıyıcının lamelleri ortalama 3,3 cm kalınlıkta olup rendelenmiş ladin odunu tahtalarından oluşmaktadır. Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı elde edilmeden önce, taşıyıcıyı oluşturan her bir lamel (tahta) birinci deneme için normal klima (20°C sıcaklık ve % 65 bağıl nem)'da, diğer denemeler için (2'den 6'ya dek) 20°C sıcaklık ve % 86 bağıl nemde klimatize edilmiştir. Klimatize edilen tahtalar phenol ve resorcin formaldehid tutkalı ile soğuk sertleşme altında yapıştırılmıştır. Bunların özgül ağırlıkları 0,430 - 0,471 g/cm<sup>3</sup> arasında bulunmaktadır. Yapıştırmada sıkıştırma basıncı ortalama 5 kp/cm<sup>2</sup>, süresi aşağı yukarı 24 saat olarak alınmıştır. Yapıştırılıp basınç altında sertleştikten sonra deneme materyali olan taşıyıcı rendelenerek bir metre uzunluklarda kesilmiş ve yukarıda belirtilen iklimalarda denemelerin başlangıcına dek depolanmıştır.

## 3. ODUNUN RUTUBET MİKTARININ BELİRLENMESİ

Odun rutubeti, odunun içinde bulunan toplam su miktarının tam kuru haldeki odun külesine oranlanmasının yüzde olarak ifadesidir. Odun rutubetinin belirlenmesi uygun deneme materyalinin alınmasından sonra DIN 52183 göre kurutma metodu ile yürütülmüştür. Bu amaçla laboratuvarda bulunan 0,0001 grama kadar güvenli ölçü yapılabilen analiz terazisi ile fark ölçmeleri yapılmış, yaş ve kuru örneğin ağırlıkları bulunarak, aşağıdaki formül yardımı ile odun rutubeti belirlenmiştir.

$$u = \frac{G_u - G_d}{G_d} \cdot 100 (\%)$$

u = Odun rutubeti,

G<sub>u</sub> = Odunun rutubetli haldeki ağırlığı (gr),

G<sub>d</sub> = Odunun kuru haldeki ağırlığı (gr).

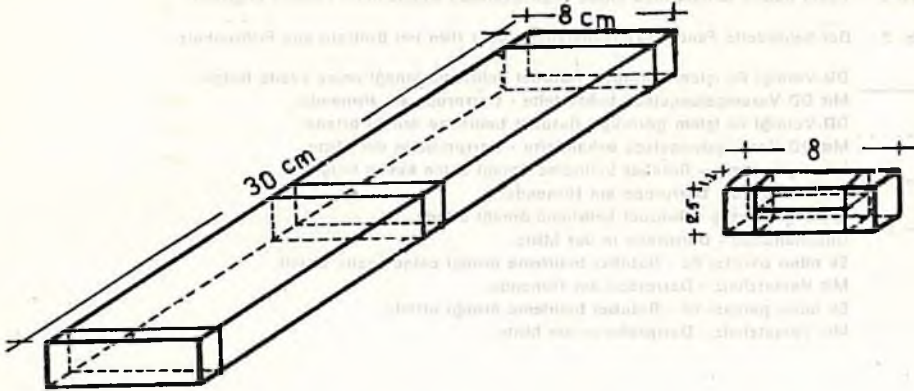
Odundaki ortalama rutubet miktarını doğruya en yakın değerlerle saptayabilmek için, rutubeti belirlenecek örnekler tahtanın enine kesiti ucundan değil, uca en az 30 cm (EGNER 1961) ya da 50 cm (KEYLWERTH - NOACK 1964) içerden alınmak gerektiği belirtilmektedir. Yine örneğin elde edilmesi sırasında rutubet kaybını azaltmak amacıyla çok keskin bir testerenin kullanılması gerekmektedir.

Rutubet alma ve kaybetme odunun enine kesitinin yakınında bulunan kısımlarında daha uzakta olan kısımlara göre daha hızlı olmaktadır. Deneme materyali boyunca sınırlılığı nedeniyle bu etkili olabildiğince azaltabilmek ve uçten itibaren içe doğru örnek alma mesafesini saptayabilmek amacıyla zorunlu olarak aşağıdaki denemeye başvurulmuştur.

#### 4. ENİNE KESİTİN DD - VERNİĞİ İLE KAPLANMASI VE EK BİR ODUN PARÇASI İLE KAPATILMASININ RUTUBET DEĞİŞİKLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Rutubet alışverişine engel olmak amacıyla odunun enine kesiti bir yandan DD - Verniği ile işleme sokularak kaplanmış, yine aynı odun çeşidinden bir odun parçası ile kapatılarak iki ayrı deneme uygulanmıştır. Bu denemeler için ladin odunundan sağlanan 75 adet örnek kullanılmıştır. Bunlardan 25 örnek hiç bir işleme sokulmamış, 25 örnek DD-Verniği ile kaplanmış, kalan 25 örnek ise ek odun parçasıyla kapatılmıştır. Bu denemeler için örnekler daima aynı tahtalardan arka arkaya ve  $30 \times 8 \times 2,5$  cm boyutlarında kesilerek elde edilmiştir ve bunlar  $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve % 65 bağıl nemde yedi hafta bekletildikten sonra ortalama odun rutubetleri % 13,7 bulunmuştur. Normal olarak bu klima koşullarında ortalama % 12 odun denge rutubetine erişilmesi gerekli olduğundan burada yüksek bir odun denge rutubeti beklemeye olasılığı söz konusu değildi. Ancak odun ilk kez kurutulduğundan (1. Desorpsiyon eğrisi) yüksek bir denge rutubetinin ortaya çıkması kabul edilebilir bir sonuç olarak görülmektedir.

Üç deneme materyal gurubunun hepsi daha sonra rutubetli klimaya ( $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve % 86 bağıl nem) yığılarak bekletilmiş ve çeşitli zaman aralıkları ile Şekil 1'de görüldüğü gibi örnekler kısımlara ayrılıp odun rutubeti kurutma yöntemi aracılığıyla belirlenmiştir.

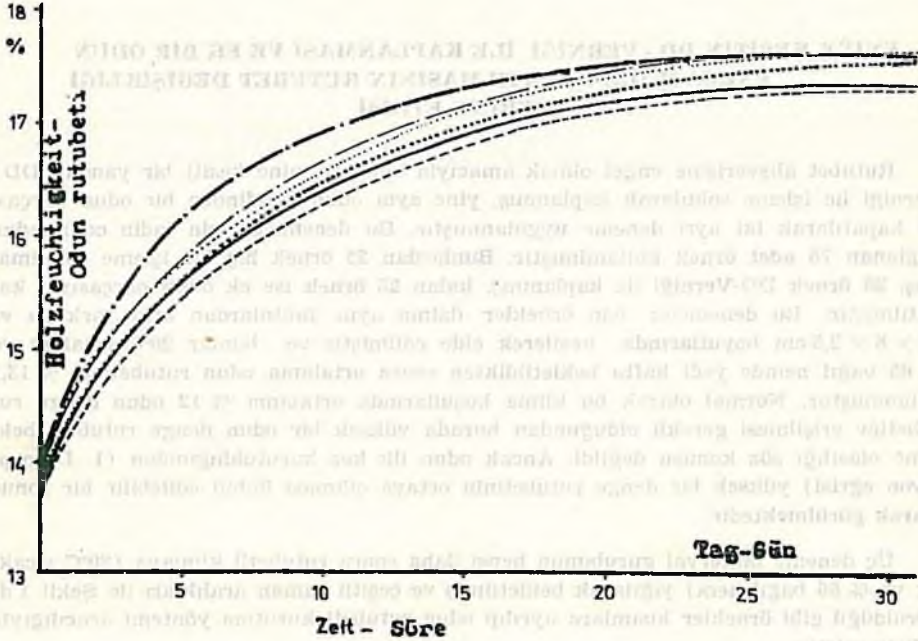


Şekil 1 : Örneklerin kısımlara ayrılması.  
Abb. 1 : Aufteilung der Probe.

Deneme sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Örneğin enine kesitinin başlığında ve ortasında belirlenen rutubet miktarları arasındaki fark : DD-Verniği ile işlem görmüş örneklerde % 0,006 ile en az, işlem

görmemiş örneklerde % 0,36 ile en büyüktür. Ek odun parçası ile kapatılmış örneklerde ise bu miktar % 0,11 olarak saptanmıştır. DD-Verniği ile işlem görmüş örneklerin rutubet miktarları her zaman diğer örneklerle göre düşük bulunmuştur.



Şekil 2 : Ladin odunu tahtalarında enine kesit üzerinde engellenmiş rutubet değişimi.

Abb. 2 : Der behinderte Feuchtigkeitsaustausch über Hirn bei Bretttern aus Fichtenholz.

- DD-Verniği ile işlem görmüş - Rutubet belirleme örneği enine kesite bitişik.
- Mit DD-Versiegelungslack behandelte - Darrprobe am Hirnende.
- - - DD-Verniği ile işlem görmüş - Rutubet belirleme örneği ortada.
- - - Mit DD-Versiegelungslack behandelte - Darrprobe in der Mitte.
- İşlem görmemiş - Rutubet belirleme örneği enine kesite bitişik.
- Unbehandelte - Darrprobe am Hirnende.
- İşlem görmemiş - Rutubet belirleme örneği ortada.
- Unbehandelte - Darrprobe in der Mitte.
- Ek odun parçası ile - Rutubet belirleme örneği enine kesite bitişik.
- Mit Vorsatzholz - Darrprobe am Hirnende.
- Ek odun parçası ile - Rutubet belirleme örneği ortada.
- Mit Vorsatzholz - Darrprobe in der Mitte.

DD-Verniği ve ek bir odun parçasıyla kapatma işlemleri yoluyla örneğin rutubet alışverişi tümüyle durdurulmamakta, yalnızca yavaşlatılabilmektedir. Bu sonuç DITTRICH (1969)'un bulgularını da doğrulamaktadır.

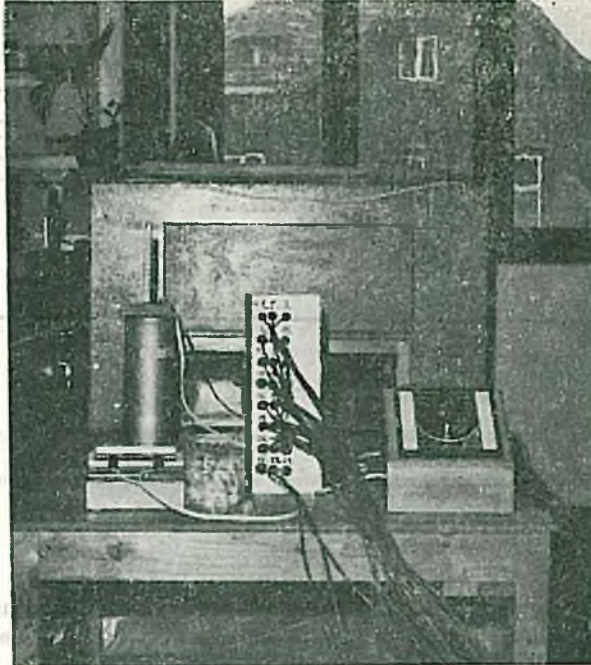
Denemelerden anlaşılacağı üzere, odunun enine kesitinin DD-Verniği ile işleme sokulmasının en uygun seçenek olduğu söylenebilir. Çünkü bu tür bir işlemde enine kesitin bitişliği (kenarı) ile örneğin ortası arasındaki rutubet farkı minimumdur.

### 5. YAPIŞTIRILMIŞ TABAKALI TAŞIYICI İÇİNDE SICAKLIĞIN SEYRİ

Sıcaklık dağılımının rutubetin dağılımı üzerine etkisi gözönüne alındığında, Hetzer - yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı içindeki sıcaklığın seyri anlayabilmek amacıyla, 20°C sıcaklık ve % 86 bağıl nemde klimatize edilen yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçası 30°C sıcaklık ve % 63 bağıl nemi kapsayan bir klimaya ( $u_{gl} = \%11,5$ ) bırakılmıştır. Deneme sırasında yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı içinde sıcaklık değişikliklerinin belirlenmesinde, sıcaklık ölçme elemanı (Thermoelement) kullanılmıştır. Sıcaklık ölçme elemanı iki farklı telden oluşmaktadır. Her iki tel birbirine kaynak ya da lehimle tutturulunca sıcaklık çifti (Thermopaar) olarak adlandırılır (WESTHOFF 1965). Bu metal teller karşılaştırma yerinde ısıtılmış zonun dışında ve değişmeyen bir sıcaklıkta bulundurulduğunda, ölçme yerindeki sıcaklık çifti ısıtılmakta ve böylece bu sıcaklık farkı sonucunda, sıcaklık gerilmeleri ortaya çıkmaktadır. Bu gerilmeler genellikle küçük sıcaklık bölgelerinde her iki lehim yeri arasındaki sıcaklık farkı ile orantılı olarak büyür.

Sıcaklık geriliminin büyüklüğü, sıcaklık çiftinin seçilen metallerine, ölçme ve karşılaştırma yeri arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Denemede karşılaştırma yerinin sıcaklığı buz-su karışımı ile değişmeksizin 0°C da sabit tutulmuştur.

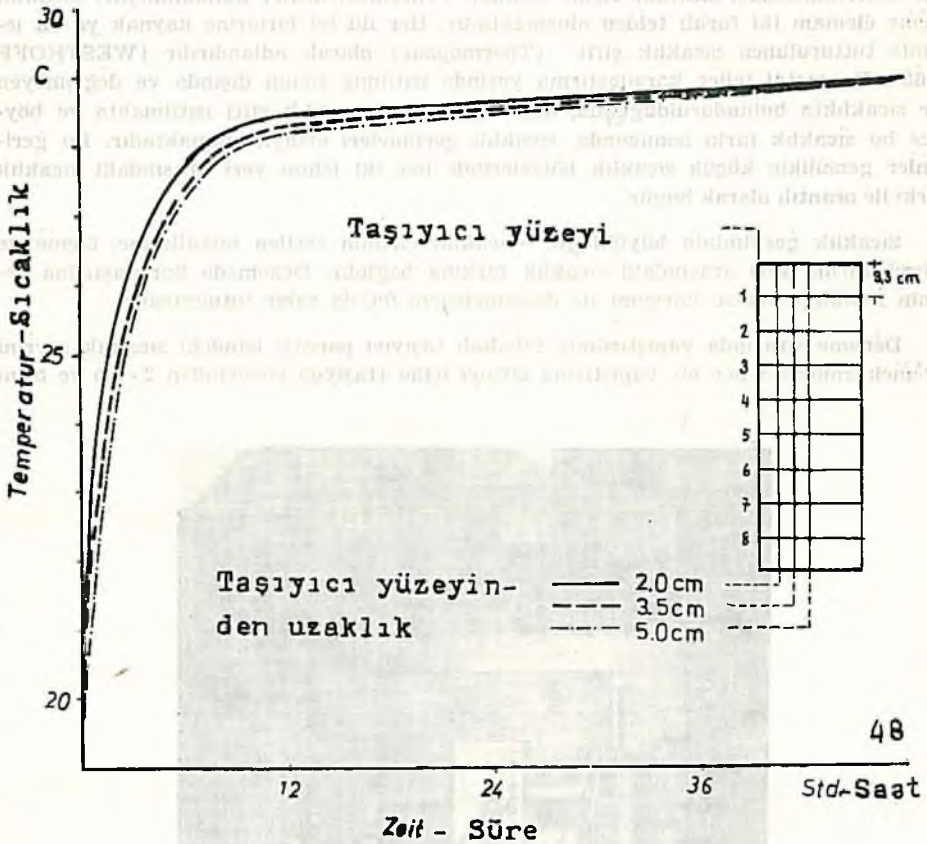
Deneme sırasında yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçası içindeki sıcaklık seyri izlemek amacıyla her bir yapıştırma düzeyi içine (taşıyıcı yüzeyinden 2 - 3,5 ve 5 cm



Resim 1 : Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıda sıcaklığın ölçülmesi.

Bild 1 : Messung der Temperatur im Träger.

uzaklıklarla) üç sıcaklık çifti yerleştirilmiştir. Simetri nedeniyle yalnız enine kesitin yarısı ( $3 \times 8 = 24$ ) sıcaklık çifti ile donatılmış, taşıyıcının enine kesit yüzeyi rahatsız edici sıcaklık etkilerine karşı styropor ile korunmuştur. Denemeden önce taşıyıcı parçasının enine kesitinden itibaren 12 cm uzunluğunda, 4 mm çapında burgu ile açılan deliklere, kullanılan demir - konstanten<sup>1</sup> sıcaklık ölçme elemanı yerleştirilmiştir. Demir - Konstanten oksitleyici gazlara karşı az dirençli olduğundan koruyucu olarak sıcaklık çifti epoxid reçinesine batırılmıştır. Sıcaklık ölçme elemanının yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı enine kesitindeki düzeni Resim 1'de görülmektedir.



Şekil 3 : Deneme süresi boyunca taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için taşıyıcı içinde sıcaklığın seyri.

Abb. 3 : Temperaturverlauf im Trägerabschnitt während des Versuches für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche.

Taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için taşıyıcı içindeki sıcaklığın seyri, 1 ve 8. yapıştırma yüzeyindeki noktaların dışında kalan altı noktanın ortalama değerleri olarak Şekil 3'de gösterilmektedir.

<sup>1</sup> Konstanten % 55-70 bakır ve % 30-45 nikel alaşımıdır.



Yapıştırma yüzeyi 1 ve 8'in sonuçları sıcaklık farklarının çok az olması nedeniyle şekilde gözönüne alınmamıştır. Diğer 2'den 7'ye kadarki yapıştırma yüzeyinde bulunan sıcaklık ölçme elemanları her bir uzaklık için eşit sıcaklık göstermektedir. Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı içinde, taşıyıcı yüzeyinden uzaklığa göre çok yavaş bir sıcaklık yükselmesi belirlenebildiği halde, en dışta bulunan zonda çok çabuk bir sıcaklık yükselmesi görülmektedir. Bir saat sonra ölçülen 2 ve 5 cm derinde bulunan tabakalar arasındaki sıcaklık farkı ise 2°C olarak bulunmaktadır. Bu andan itibaren bu sıcaklık farkının sürekli olarak düştüğü görülmektedir.

Klima dolabı içindeki sıcaklığın 30°C ayarlanmış olmasına rağmen, 48 saatlik deneme süresinden sonra taşıyıcı içerisinde yalnız 29,1°C'lık sıcaklık ölçülebilmektedir. Kurutma olayı enerji sarfedici olduğundan ısı kullanmaksızın ilerleyemez. Çünkü bağlı suyun serbest hale gelmesi gerekmektedir. Bundan taşıyıcı aynı zamanda ısıtma vasıtasıyla kurutulmaya bırakıldığından, taşıyıcı içindeki sıcaklığın düşük olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu denemeden sıcaklık dağılımının, yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçası içindeki rutubet dağılımı üzerine etkisinin 30°C'da yürütülen denemelerde önemli olmadığı sonucuna varılabilir. Çünkü bu deneme 2 gün sonra taşıyıcı parçasında sıcaklık farkı bulunmadığını göstermekte ve yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçası ilk olarak bir hafta sonra rutubet dağılımının belirlenmesi için klima dolabından dışarı alınıp, rutubeti belirlenmektedir.

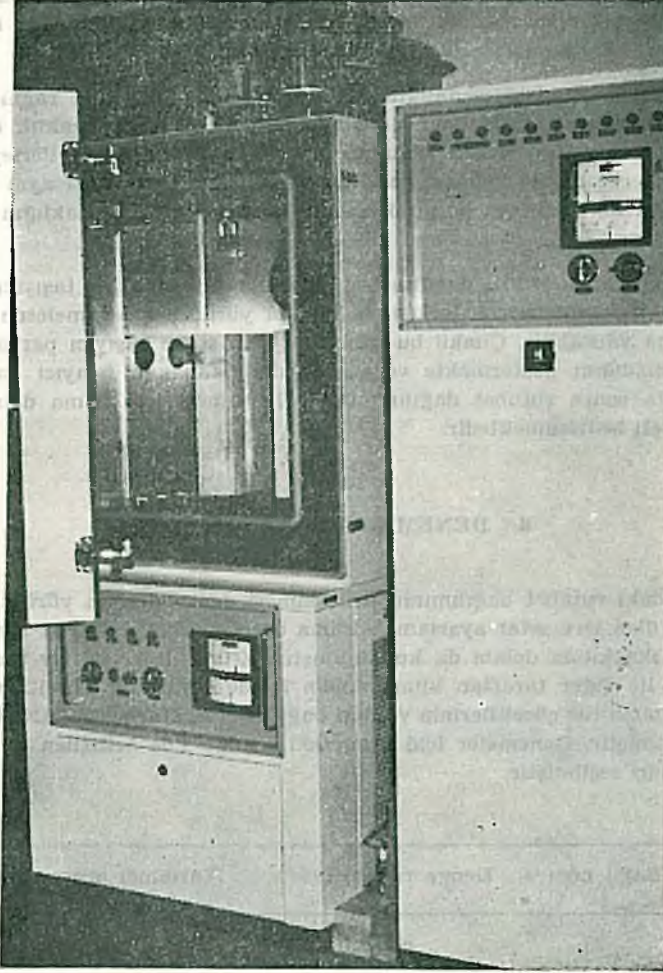
## 6. DENEMELERİN YÜRÜTÜLMESİ

Taşıyıcıdaki rutubet dağılımının belirlenmesi denemelerinin yürütülmesi için Resim 2'de görülen termostat ayarlamalı klima denetim dolabı dışında tarafımızdan yapılan bir başka klima dolabı da kullanılmıştır. Klima değerleri bir taraftan termostat yardımı ile diğer taraftan klima dolabı içinde çeşitli tuz çözeltileri ile ayarlanmış ve kullanılan tuz çözeltilerinin verdiği bağıl nem miktarları SCHNEİDER (1960)'a göre belirlenmiştir. Denemeler için aşağıdaki çizelge 1'de belirtilen sıcaklık ve bağıl nem miktarları seçilmiştir.

t°C	Bağıl nem %	Denge rutubeti %	Yardımcı araç-gereç
30	37	6	MgCl <sub>2</sub> . H <sub>2</sub> O
20	47	8	Klima denetim dolabı
30	63	11,5	NaNO <sub>2</sub>
20	65	12	Klima odası
20	86	17,5	KCl

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı klima dolabında istif edilmeden önce enine kesit yüzeyi DD-Verniği ile iki kez işlem görmüştür. Taşıyıcıdaki rutubet dağılımının be-

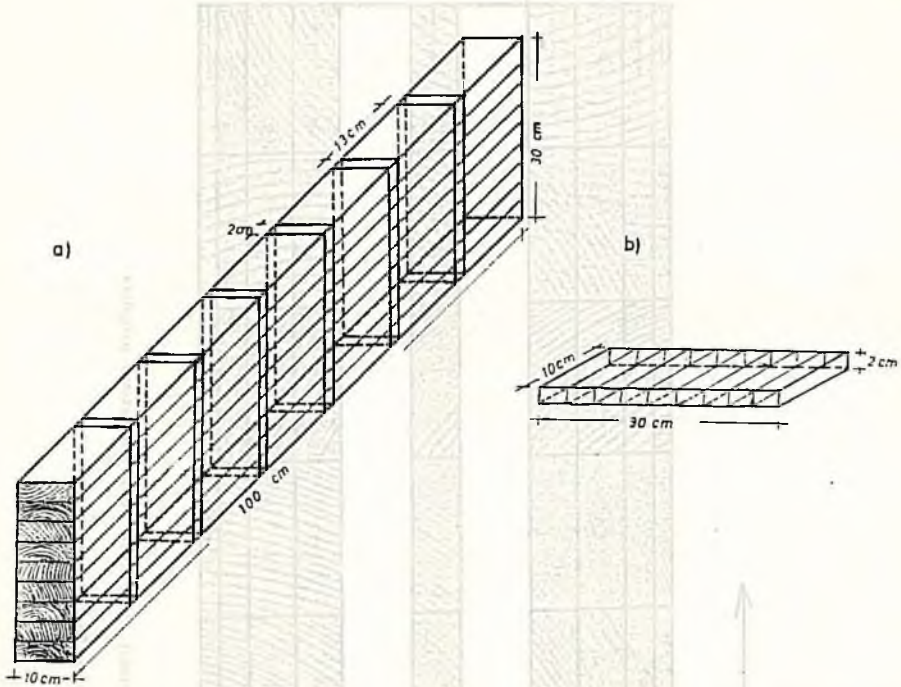
lirlenmesi için kısım kısım 1-2-4 ve 8 haftalık depolama süresi sonunda klima dolabından dışarı alınmış ve enine kesitten 13 cm uzaklıkta 2 cm genişlikte bir tabaka kesilerek şekil 4 ve şekil 5'de gösterildiği gibi kısımlara ayrılmıştır.



Resim 2 : Klima denetim dolabının genel görünüşü.

Bild 3 : Gesamtansicht des Klimaprüfschranks.

Kısımlara ayırma işlemi çok çabuk yapılmak zorundadır. Bu nedenle parçacıkların elde edilmesinden hemen sonra kapanabilen küçük cam kapların içine konulmuş ve olabildiğince çabuk analiz terazisi ile tartılmışlardır.



Şekil 4 : Rutubet dağılımının belirlenmesinde yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıdan 2 cm. genişlikteki enine kesit odun tabakasının çıkarılmasının şematik görünüşü.

Abb. 4 : Schematische Darstellung der Entnahme von Querschnittsabschnitten aus dem Trägerabschnitt zur Bestimmung der Feuchtigkeitsverteilung.

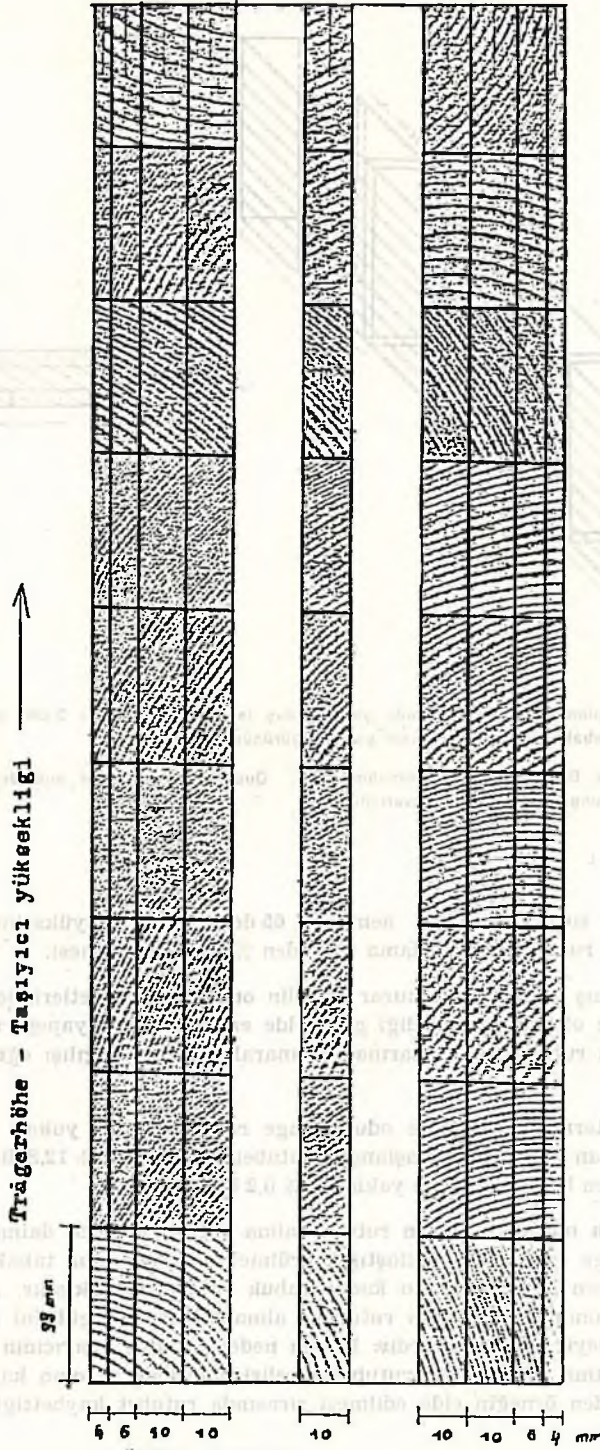
#### Deneme Sonuçları :

*Deneme 1 :* 20°C sıcaklıkta bağıl nemin % 65 den % 86 ya yükselmesi nedeniyle odun rutubetinin ortalama % 12 den % 17,5'e değişmesi.

İki yapıştırılmış taşıyıcıda dokuzar lamelin ortalama kıymetlerinden, Şekil 4 ve Şekil 5'de şematik olarak gösterildiği gibi, elde edilen her bir yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçasının rutubet miktarlarına dayanarak rutubet dağılışı eğrileri çizilmiştir (Şekil 6).

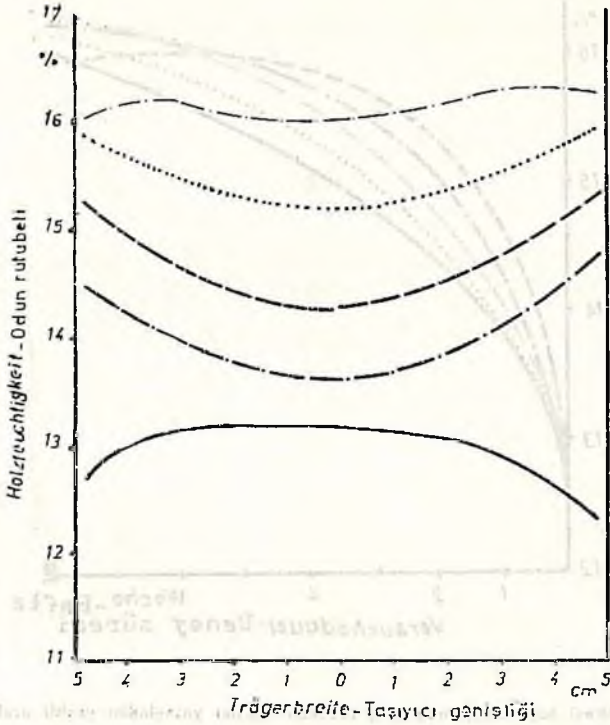
Sorpsiyon isotermi yardımı ile odun denge rutubeti aşağı yukarı % 17,5 belirlenmiştir. Kullanılan taşıyıcının başlangıç rutubeti ortalama % 12,8'dir. Taşıyıcının simetrik formdan en büyük sapması yaklaşık % 0,2 bulunmuştur.

Şekil 7'de açık olarak eğrilerin rutubet alma süresi boyunca dalma yatıklaştığı ve kavramsal denge rutubetine yaklaştığı görülmekte ve bir odun tabakası ne kadar odun yüzeyine yakın bulunuyorsa o kadar çabuk rutubet almaktadır. Ancak taşıyıcının en dışta bulunan tabakasının rutubet alma miktarının gidisini gösteren eğri beklenmeyen bir seyir göstermektedir. Bunun nedeni olarak taşıyıcının en dışta kalan tabakası kurutma yöntemi ile rutubetin belirlenmesinde az olan kalınlığı yüzünden ve daha önceden örneğin elde edilmesi sırasında rutubet kaybettiği ileri sürülebilir.



Şekil 5 : Rutubeet deǧiřliđinin belli mesininde (2 cm. kalınlıktaki) enine kesit odun tabakasının parçaları bölünüşü.

Abb. 5 : Aufteilung der Querschnittscheiben zur Bestimmung der Feuchtigkeitsverteilung.



Şekil 6 : Çeşitli uzunluktaki bekletme sürelerinden sonra 10 cm. genişlikteki Hetzer-taşıyıcısındaki rutubet dağılımı.

Abb. 6 : Feuchtigkeitsverteilung in einem 10 cm. breitem Hetzer-Träger nach verschieden langer Lagerungszeit.

$t = 20^{\circ}\text{C}$

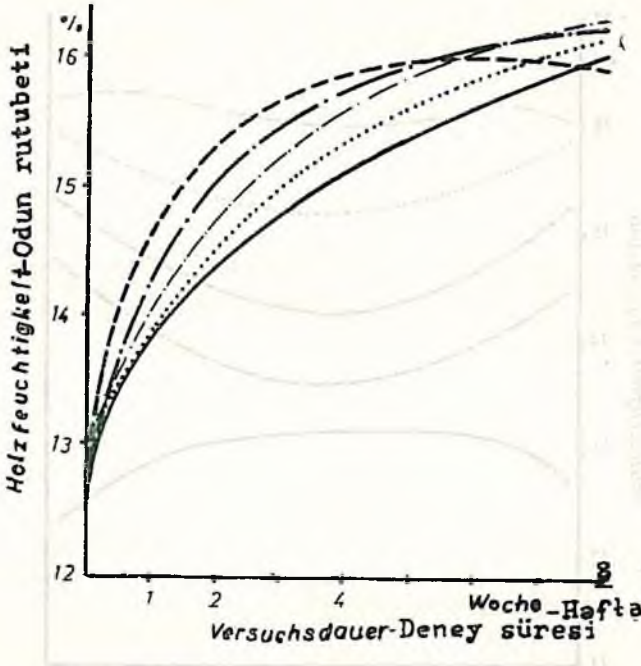
$u_a = \% 12$

$u_{el} = 17,5$

- Başlangıç rutubeti - Anfangsfeuchtigkeit
- - - 1 Hafta rutubet alma zamanı - Eine Woche Befeuchtungszeit
- · - · 2 Hafta rutubet alma zamanı - Zwei Wochen Befeuchtungszeit
- · · · 4 Hafta rutubet alma zamanı - Vier Wochen Befeuchtungszeit
- - - - 8 Hafta rutubet alma zamanı - Acht Wochen Befeuchtungszeit

Şekil 8 ve 9'da yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı ile karşılaştırılabilmek için tek tek ladin odunu tahtalarında rutubet alma ve rutubetin dağılımı eğrilerinin gidiş gösterilmektedir.

Artan deneme süresi ile birlikte rutubet dağılımının tahtalarda yapıştırılmış tabakalı taşıyıcılara göre daha çabuk düzenli duruma geçtiği belirgin olarak gözük-mektedir.



Şekil 7 : Deneme süresi boyunca yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklarda rutubetin artması.

Abb. 7 : Feuchtigkeitszunahme während der Versuchsdauer für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden ortalama uzaklık :

Mittlere Entfernungen von der Trägeroberfläche :

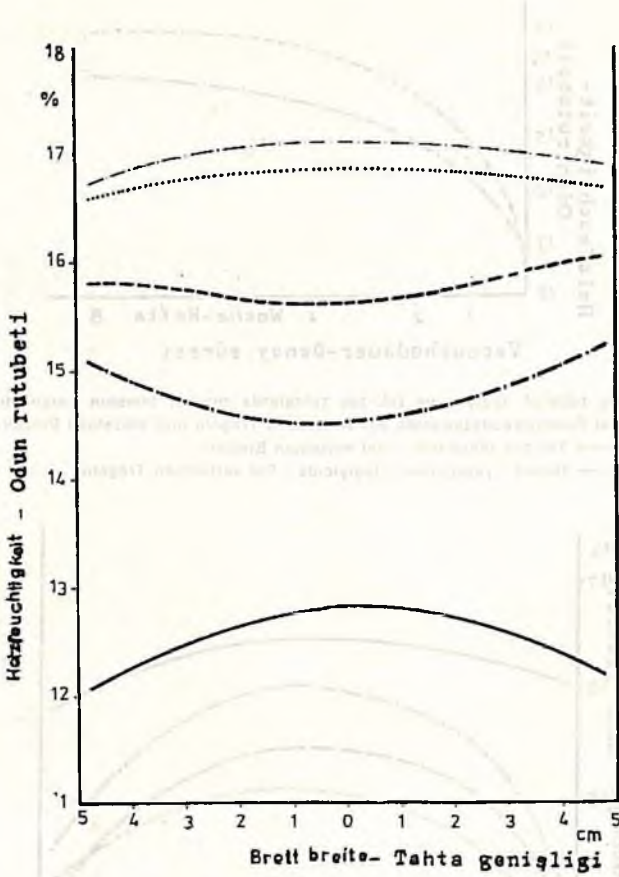
----- 2 mm, -.-.-.- 5 mm, -.-.-.- 15 mm, ..... 25 mm, ——— 50 mm.

Küçük örneklerde rutubet alma ve verme işleminin büyük örneklere göre daha çabuk olduğu şekil 9'da belirgin olarak görülmektedir.

Deneme 2 : 20°C sıcaklıkta bağıl nemin % 86'dan % 65'e düşmesi nedeniyle odun rutubetinin yaklaşık % 17,5'dan % 12'ye düşmesi.

Rutubet dağılımının gidışı farklı bekleme sürelerinde Şekil 10'da yeniden gösterilmiştir. Kullanılan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı kısmının başlangıç rutubeti ortalama % 16,2, rutubet dağılım eğrisinin simetrik formdan sapması yaklaşık % 0,5, sorpsiyon izotermi yardımı ile ortalama denge rutubeti yaklaşık % 12,5 olarak belirlenmiştir.

Eldedilen yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı enine kesitli üzerindeki ortalama odun rutubeti verilerinin çizelge şeklinde ve dağılımının hacmen gösterilmesi yer ktlığı nedeniyle zorunlu olarak yalnız deneme 5 için verilmiştir.



Şekil 8 : 10 cm. genişlikte ladin odunu tahtalarında çeşitli uzunlukta bekletme sürelerine göre rutubet dağılımı.

Abb. 8 : Feuchtigkeitsverteilung in einem 10 cm. breitem Brett aus Fichtenholz nach verschieden langer Lagerungszeit.

$t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $u_s = \% 12$ ,  $u_{el} = \% 17,5$ .

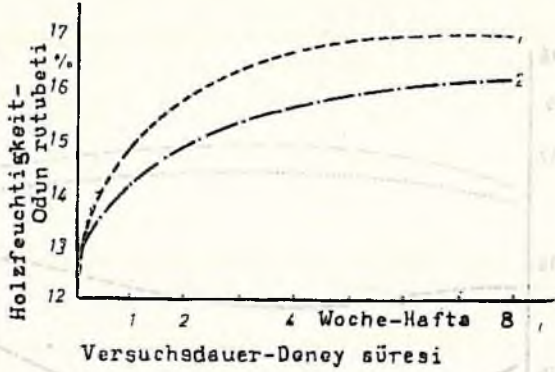
————— Başlangıç rutubeti - Anfangsfeuchtigkeit.

- - - - - 1 Hafta rutubet alma zamanı - Eine Woche Befeuchtungszeit.

- . - . - 2 Hafta rutubet alma zamanı - Zwei Wochen Befeuchtungszeit.

..... 4 Hafta rutubet alma zamanı - Vier Wochen Befeuchtungszeit.

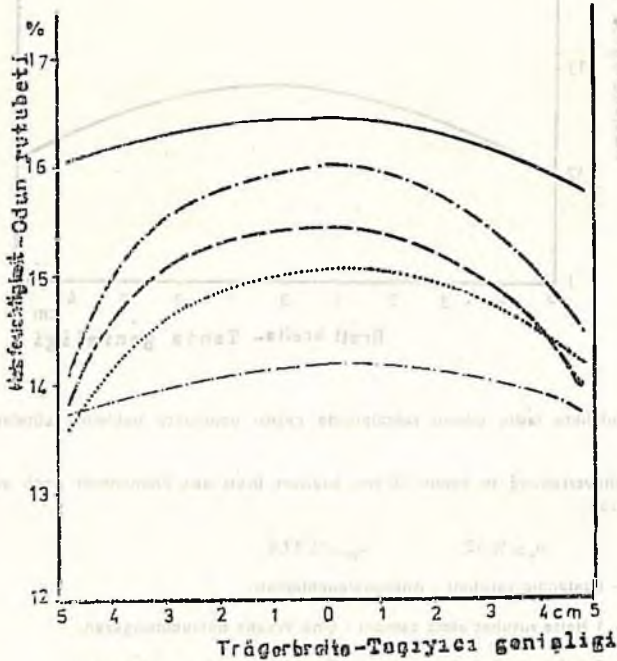
- - - - - 8 Hafta rutubet alma zamanı - Acht Wochen Befeuchtungszeit.



Şekil 9 : Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı ve tek tek tahtalarda rutubet almanın karşılaştırılması.

Abb. 9 : Vergleich der Feuchtigkeitszunahme bei verleimten Trägern und einzelnen Brettern.

- 1) ————— Tek tek tahtalarda - Bei einzelnen Brettern.
- 2) - - - - - Hetzer - yapıştırılmış taşıyıcıda - Bei verleimten Trägern.



Şekil 10 : Çeşitli uzunlukta bekletme sürelerinden sonra 10 cm. genişlikteki Hetzer - yapıştırılmış tabakalı taşıyıcısındaki rutubet dağılımı.

Abb. 10 : Feuchtigkeitsverteilung in einem 10 cm. breitem Hetzer - Träger nach verschiedenen langer Lagerungszeit.

$$t = 20^{\circ}\text{C}, \quad u_a = \% 17,5, \quad u_{gt} = \% 12$$

————— Başlangıç rutubeti - Anfangsfeuchtigkeit.

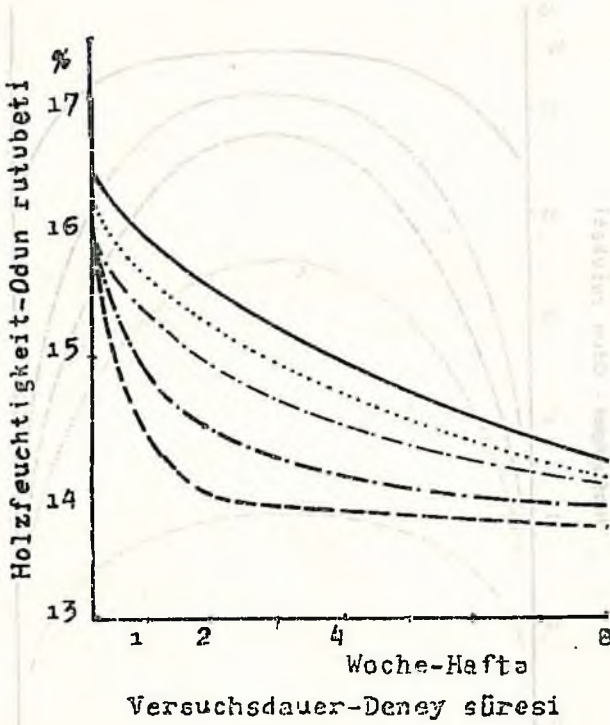
- - - - - 1 Hafta bekletme zamanı - Eine Woche Lagerungszeit.

- - - - - 2 Hafta bekletme zamanı - Zwei Wochen Lagerungszeit.

..... 4 Hafta bekletme zamanı - Vier Wochen Lagerungszeit.

- . - . - . 8 Hafta bekletme zamanı - Acht Wochen Lagerungszeit.





Şekil 11 : Deneme süresi boyunca yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklarda rutubetin azalması.

Abb. 11 : Feuchtigkeitsabnahme während der Versuchsdauer für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden ortalama uzaklık :

Mittlere Entfernungen von der Trägeroberfläche :

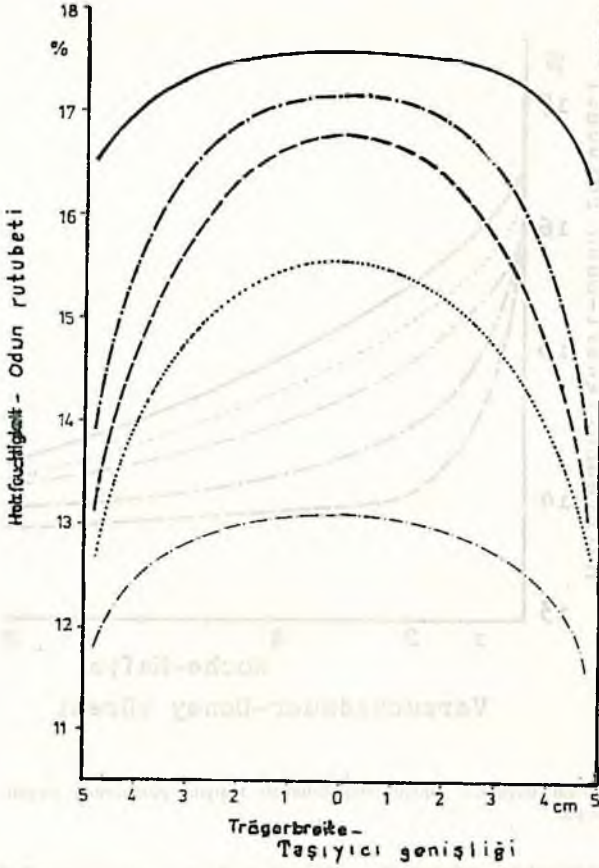
———— 2 mm, — · — · — 5 mm, — · — · — 15 mm, ..... 25 mm, ————— 50 mm

Şekilden açıkça görüldüğü gibi artan bekletme süresi ile birlikte rutubet dağılım eğrisinin gidışı yatıklaşmaktadır.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için rutubet vermenin zamana bağlı olarak gidışı ise Şekil 11'de gösterilmiştir.

**Deneme 3 :** 20°C sıcaklıkta bağıl nemin % 86'dan % 47 ye düşmesi nedeniyle odun rutubetinin yaklaşık % 17,5 dan % 8'e azalması.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçasının başlangıç rutubeti ortalama % 17,1 dir. Sorpsiyon isotermi yardımı ile ortalama denge rutubeti aşağı yukarı % 12,5 olarak belirlenmiştir. Rutubet dağılım eğrisinin gidışı şekil 12'de gösterilmektedir.



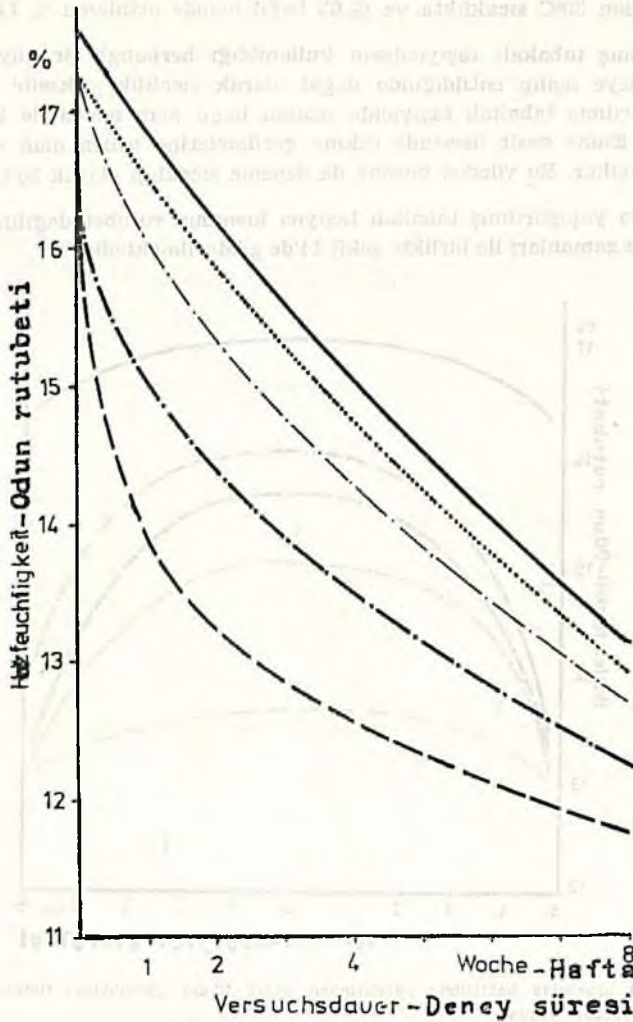
Şekil 12 : 10 cm. genişliğinde Hetzer - yapıştırılmış tabakalı taşıyıcısında farklı bekletme süresi uzunluğuna göre rutubet dağılımının gidışı.

Abb. 12 : Feuchtigkeitsverteilung in einem 10 cm. breitem Hetzer - Träger nach verschiedenen langer Lagerungsdauer.

$$t = 20^{\circ}\text{C}, \quad u_2 = \% 17,5, \quad u_{21} = \% 8$$

- Başlangıç rutubeti - Anfangsfeuchtigkeits  
 - - - - - 1 Hafta bekletme zamanı - Eine Woche Lagerungszelt.  
 - - - - - 2 Hafta bekletme zamanı - Zwei Wochen Lagerungszelt.  
 ..... 4 Hafta bekletme zamanı - Vier Wochen Lagerungszelt.  
 - . - . - . 8 Hafta bekletme zamanı - Acht Wochen Lagerungszelt.

Tabakalı taşıyıcının rutubet dağılım eğrilerinin simetrik formdan en büyük sapması yaklaşık % 0,2 dir. Sekiz haftalık deneme süresi sonunda sorpsiyon izotermine göre belirlenen odun denge rutubetine erişilememiştir. En dışta bulunan odun tabakası 8 haftalık deneme süresinden sonra yalnız % 11,6 lık odun rutubetine yetişmiştir. Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcının ortasında odun rutubeti aşağı yukarı % 13,4 bulunmuştur. Bu deneme serisi için Şekil 13'de görüldüğü gibi denge rutubetine ulaşabilmek için daha uzun bekletme süresi gerekmektedir.



Şekil 13 : Deneme sırasında yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için rutubet azalmasının gidişi.

Abb. 13 : Feuchtigkeitsabnahme während der Versuchsdauer für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden ortalama uzaklık :

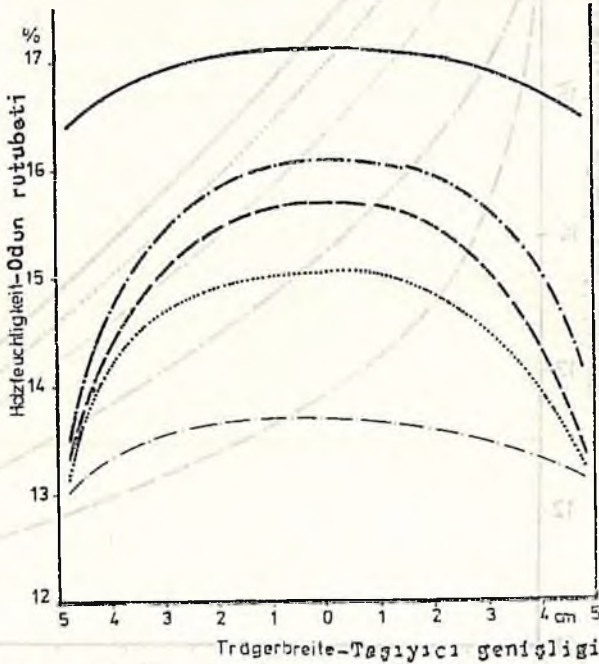
Mittlere Entfernungen vor der Trägeroberfläche :

--- 2 mm. -.-.- 5 mm. .-.-. 15 mm. .... 25 mm. ——— 50 mm.,

**Deneme 4 :** 20°C sıcaklıkta ve % 86 bağıl nemde odun rutubetinin yaklaşık % 17,5 dan 30°C sıcaklıkta ve % 63 bağıl nemde ortalama % 11,5'e değişmesi.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıların kullanıldığı herhangi bir büyük salon veya hangar işletmeye açılıp ısıtıldığında doğal olarak sıcaklık yükselir. Bunun sonucu olarak yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıda azalan bağıl nem nedeniyle kısa sürede rutubet çekilir. Enine kesit üzerinde çekme gerilmelerine neden olan dik bir rutubet meyili ortaya çıkar. Bu yüzden burada da deneme sıcaklığı olarak 30°C seçilmiştir.

Araştırılan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı kısmının rutubet dağılımının gidişi uygun bekletilme zamanları ile birlikte şekil 14'de gösterilmektedir.



Şekil 14 : Çeşitli uzunlukta bekletilme sürelerinden sonra 10 cm. genişlikteki Hetzer - tabakalı taşıyıcısında rutubet dağılımı.

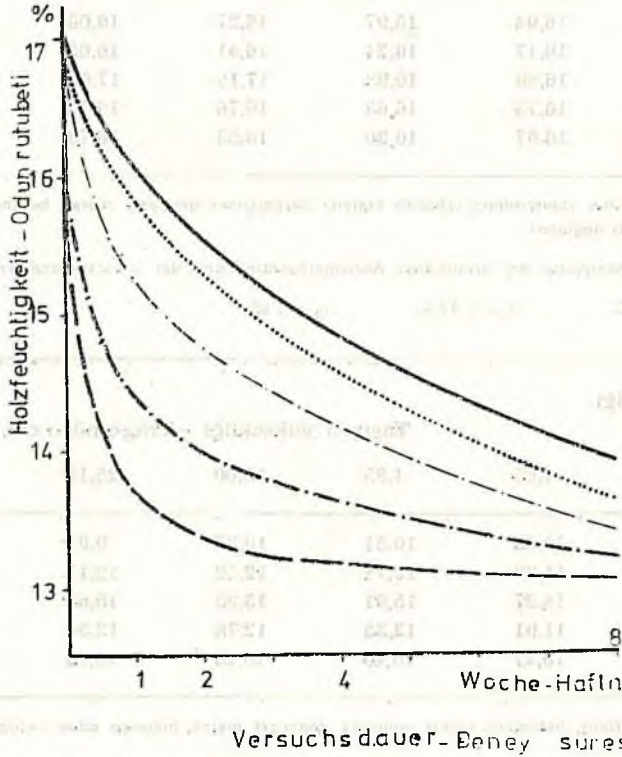
Abb. 14 : Fuchtigkeitsverteilung in einem 10 cm. breitem Hetzer - Träger nach verschieden langer Lagerungszeit.

$$t = 30^{\circ}\text{C}, \quad u_a = \% 17,5, \quad u_{z1} = \% 11,5.$$

- Başlangıç rutubeti - Anfangsfeuchtigkeit
- ..... 1 Hafta bekletme zamanı - Eine Woche Lagerungszeit.
- 2 Hafta bekletme zamanı - Zwei Wochen Lagerungszeit.
- ..... 4 Hafta bekletme zamanı - Vier Wochen Lagerungszeit.
- 8 Hafta bekletme zamanı - Acht Wochen Lagerungszeit.

Taşıyıcının başlangıç rutubeti yaklaşık % 16,8 bulunmuştur. Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcının rutubet dağılım eğrisinin simetrik formdan en büyük sapması aşağı yukarı % 0,6'dır. Sorpsiyon izotermine dayanarak uygun bekletme süresinde or-

talama odun denge rutubetinin yaklaşık % 11,5 olduğu ortaya çıkmaktadır. Deneme süresine bağlı olarak yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden farklı uzaklıklarda rutubet vermenin gidişi Şekil 15'de gösterilmektedir.



Şekil 15 : Deneme süresi boyunca yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için rutubet azalması.

Abb. 15 : Feuchtigkeitsabnahme während der Versuchsdauer für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden ortalama uzaklık :  
Mittlere Entfernungen von der Trägeroberfläche :

— 2 mm, — 5 mm, — 15 mm, ..... 25 mm, — 50 mm.

**Deneme 5 :** 20°C sıcaklıkta ve % 86 bağıl nemde odun rutubetinin ortalama % 17,5 dan 30°C sıcaklıkta ve % 37 bağıl nemde ortalama % 6 ya değişmesi.

Araştırılan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı için elde edilen odun rutubeti değerleri çizelge 2, 3, 4, 5, 6'da ve rutubet dağılımının hacmen gösterilişi Şekil 16, 17, 18, 19, 20'de bekletme zamanına bağlı olarak gösterilmiştir.

Taşıyıcı genişliği Trägerbreite		Taşıyıcı yüksekliği - Trägerhöhe cm.			
cm.	1,65	4,85	15,00	25,15	28,38
0,2	16,04	15,97	16,27	16,03	16,41
0,7	16,17	16,24	16,41	16,05	16,42
5,0	16,89	16,98	17,18	17,05	16,73
9,3	16,73	16,63	16,76	16,74	16,45
9,8	16,67	16,30	16,53	16,73	16,35

Çizelge 2 : Araştırılan yapılandırılmış tabakalı taşıyıcı parçalarının deneysel olarak bulunan başlangıç odun rutubetli değerleri.

Tabelle 2 : Die Einzelwerte der ermittelten Anfangsfeuchtigkeiten der untersuchten Trägerabschnitte.

$$t = 20^{\circ}\text{C.} \quad u_a = \% 17,5. \quad \varphi = \% 86.$$

Taşıyıcı genişliği Trägerbreite		Taşıyıcı yüksekliği - Trägerhöhe cm.			
cm.	1,65	4,85	15,00	25,15	28,38
0,2	10,63	10,51	10,37	9,97	9,78
0,7	11,20	12,74	12,52	12,17	11,64
5,0	14,27	15,91	15,99	15,67	13,64
9,3	11,91	12,35	12,78	12,55	11,15
9,8	10,47	10,46	10,73	10,40	9,38

Çizelge 3 : Bir haftalık bekletme süresi sonunda deneysel olarak bulunan odun rutubetli değerleri.

Tabelle 3 : Die Einzelwerte der ermittelten Holzfeuchtigkeiten nach einer Woche Lagerungszeit.

$$t = 30^{\circ}\text{C.} \quad u_{g1} = \% 6. \quad \varphi = \% 37.$$

Taşıyıcı genişliği Trägerbreite		Taşıyıcı yüksekliği - Trägerhöhe cm.			
cm.	1,65	4,85	15,00	25,15	28,38
0,2	10,20	10,82	10,46	10,19	9,85
0,7	11,28	12,68	12,33	12,03	11,27
5,0	13,72	15,38	15,72	15,20	13,20
9,3	11,57	11,94	12,37	12,20	10,67
9,8	10,22	10,20	10,42	10,27	9,33

Çizelge 4 : İki haftalık bekletme süresi sonunda elde edilen odun rutubetli değerleri.

Tabelle 4 : Die Einzelwerte der ermittelten Holzfeuchtigkeiten nach zwei Wochen Lagerungszeit.

$$t = 30^{\circ}\text{C.} \quad u_{g2} = \% 6. \quad \varphi = \% 37.$$

Taşıyıcı genişliği Trägerbreite	Taşıyıcı yüksekliği - Trägerhöhe cm.				
	cm.	1,65	4,85	15,00	25,15
0,2	9,55	10,00	10,00	9,68	9,47
0,7	10,75	11,12	11,14	10,74	10,09
5,0	—	—	13,89	13,35	11,67
9,3	10,23	11,04	11,10	10,54	9,71
9,8	10,50	9,02	9,88	9,89	9,02

Çizelge 5 : Dört haftalık bekletme süresi sonunda elde edilen odun rutubeti değerleri.

Tabelle 5 : Die Einzelwerte der ermittelten Holzfeuchtigkeiten nach vier Wochen Lagerungszeit.

$t=30^{\circ}\text{C}$ ,  $u_{el} = \% 6$ ,  $\varphi = \% 37$ .

Taşıyıcı genişliği Trägerbreite	Taşıyıcı yüksekliği - Trägerhöhe cm.				
	cm.	1,65	4,85	15,00	25,15
0,2	8,83	8,90	—	8,77	8,80
0,7	9,14	9,41	9,48	9,40	9,32
5,0	10,25	10,89	11,06	10,80	10,03
9,3	9,28	9,63	9,97	9,68	9,61
9,8	9,07	0,09	9,37	9,26	8,72

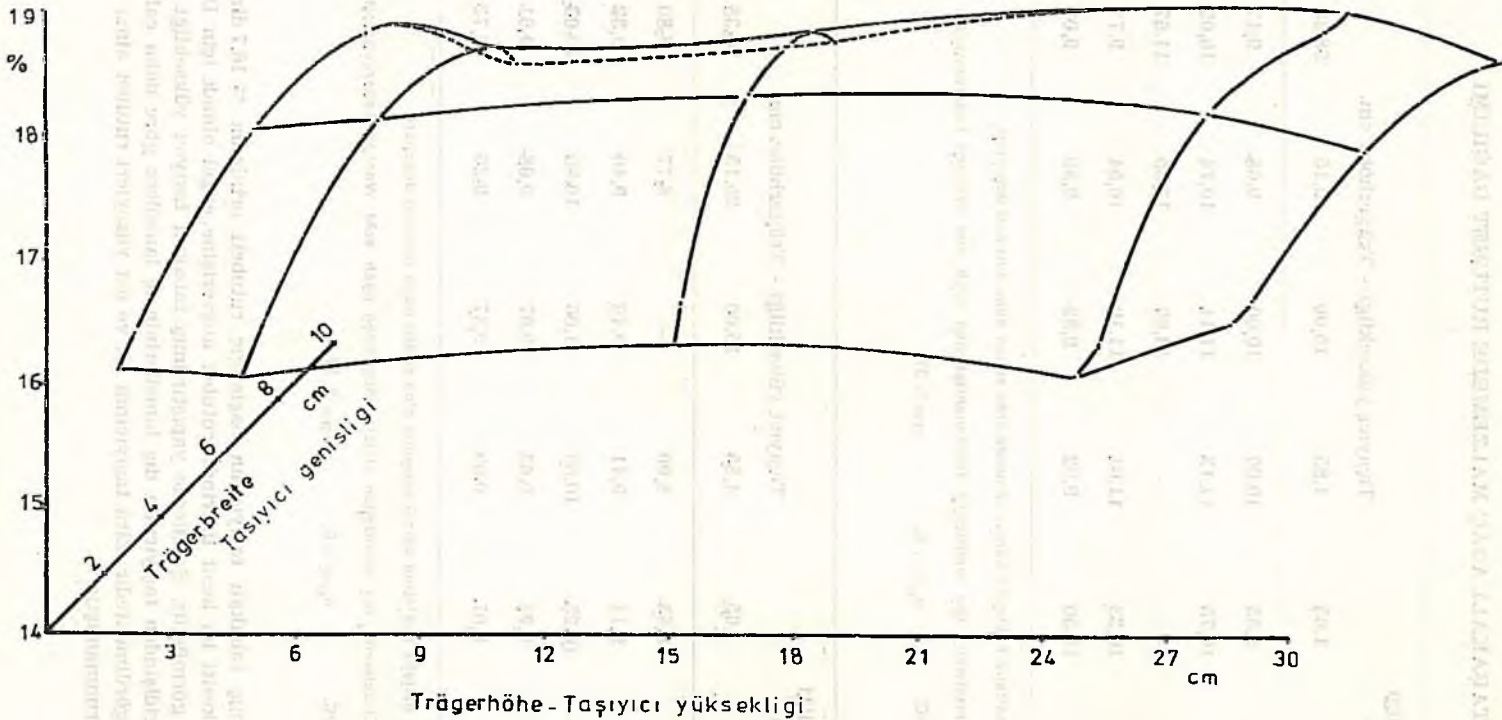
Çizelge 6 : Sekiz haftalık bekletme süresi sonunda elde edilen odun rutubeti değerleri.

Tabelle 6 : Die Einzelwerte der ermittelten Holzfeuchtigkeiten nach acht Wochen Lagerungszeit.

$t=30^{\circ}\text{C}$ ,  $u_{el} = \% 6$ ,  $\varphi = \% 37$ .

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcının başlangıç rutubeti ortalama % 16,7 dir. Taşıyıcının enine kesiti bu kesit üzerinde rutubet alışverişine engel olmak için DD-Ver-niği ile işlem görmüştür. Şekillerde yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüksekliği yönün-deki eğrinin gidişinden taşıyıcının dış lamellerinin iç lamellere göre daha çabuk ru-tubet verdiği görülmektedir. Zira taşıyıcının alt ve üst yüzeyleri rutubet alma ve ver-meye karşı korunmamıştır.

Holzfeuchtigkeit - Odun rutubeti



Şekil 16 : Araştırılan yapılandırılmış tabakalı taşıyıcı parçasında rutubet dağılımının hacmen görünüşü.

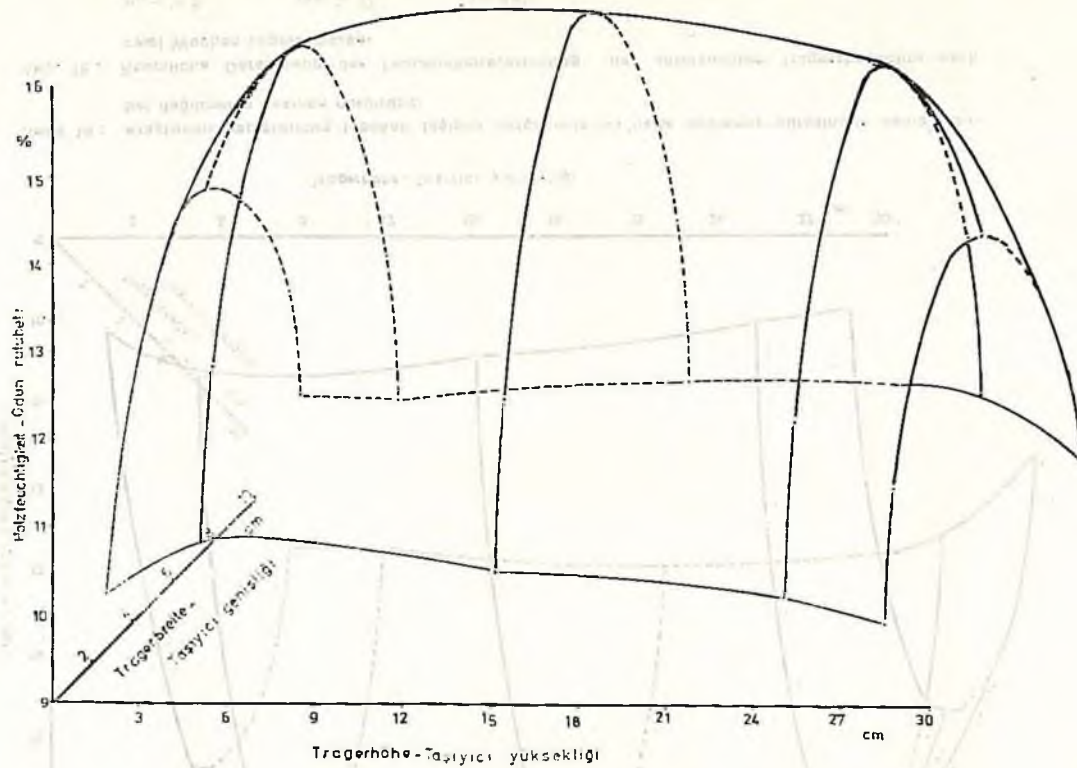
Abb. 16 : Räumliche Darstellung der Feuchtigkeitsverteilung der untersuchten Trägerabschnitte.

$u_s = \% 17,5$

$\phi = \% 86$

$t = 20^\circ\text{C}$ .





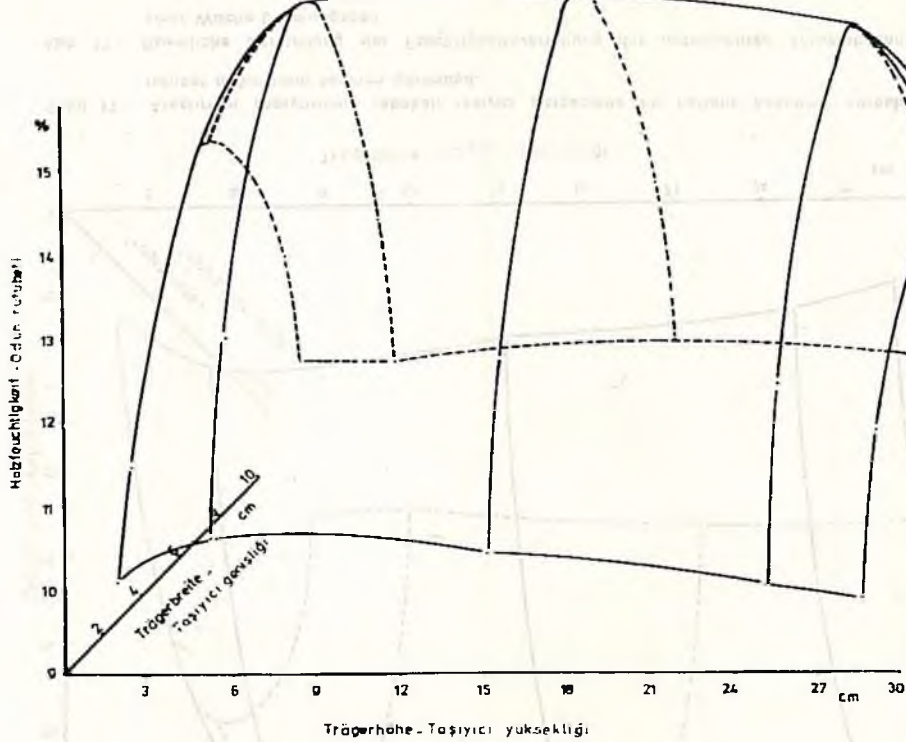
Şekil 17 : Araştırılan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçasında bir haftalık bekletme süresinden sonra rutubet dağılımının hacmen görünüşü.

Abb. 17 : Räumliche Darstellung der Feuchtigkeitsverteilung der untersuchten Trägerabschnitten nach einer Woche Lagerungszeit.

$$u_{g1} = \% 6,$$

$$\varphi = \% 47,$$

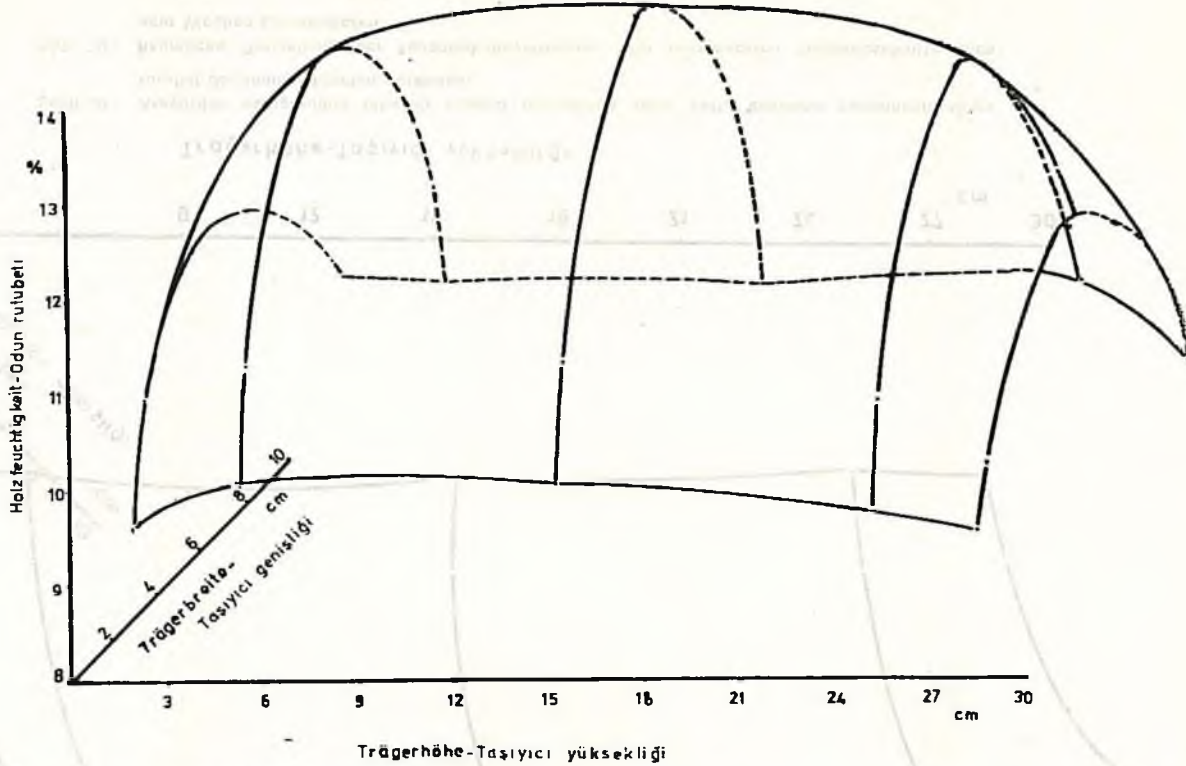
$$t = 30^{\circ}\text{C}.$$



Şekil 18 : Araştırılan yapılandırılmış tabakalı taşıyıcı parçasında iki hafta bekleme süresinden sonra rutubet dağılımının hacmen görünüşü.

Abb. 18 : Räumliche Darstellung der Feuchtigkeitsverteilung der untersuchten Trägerabschnitte nach zwei Wochen Lagerungszeit.

$u_{g1} = \% 6$ ,       $\varphi = \% 37$ ,       $t = 30^{\circ}\text{C}$ .



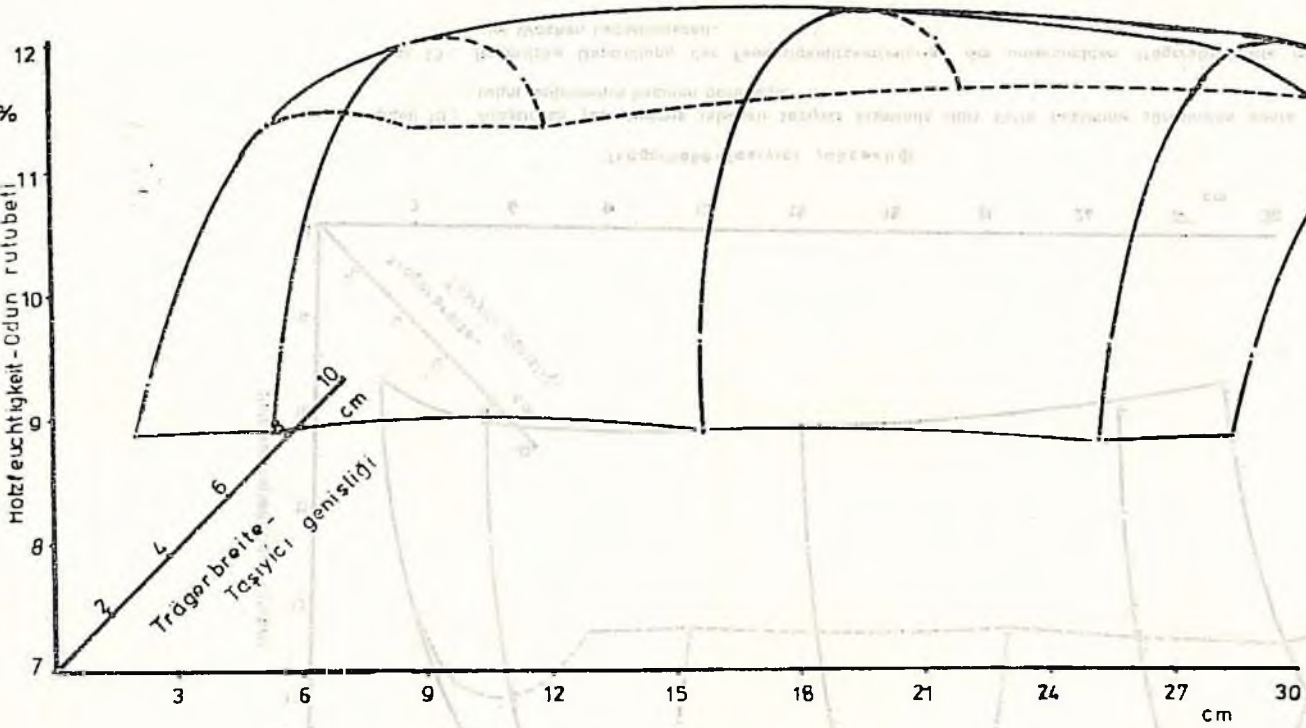
Şekil 19 : Araştırılan yapılandırılmış tabakalı taşıyıcı kısmında dört hafta bekleme süresinden sonra rutubet dağılımının hacmen görünüşü.

Abb. 19 : Raumliche Darstellung der Feuchtigkeitsverteilung der untersuchten Trägerabschnitte nach vier Wochen Lagerungszeit.

$$u_{el} = \% 6,$$

$$\varphi = \% 37,$$

$$t = 30^{\circ}\text{C}.$$



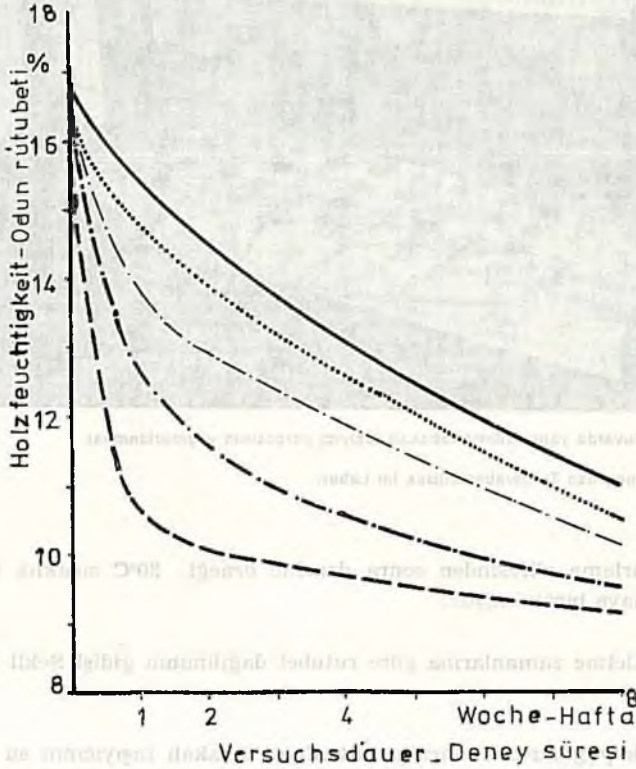
**Trägerhöhe-Taşıyıcı yüksekliği**

Şekil 20 : Araştırılan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçasında sekiz hafta bekleme süresinden sonra rutubet dağılımının hacinen görünüşü.

Abb. 20 : Räumliche Darstellung der Feuchtigkeitsverteilung der untersuchten Trägerabschnitte nach acht Wochen Lagerungszeit.

$u_{R1} = \% 6.$        $\varphi = \% 37.$        $t = 30^{\circ}C.$

Şekil 21'de yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için bekltilme süresine bağılı olarak rutubet azalması gösterilmiştir.



Şekil 21 : Deneme süresi boyunca yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklar için rutubet azalması.

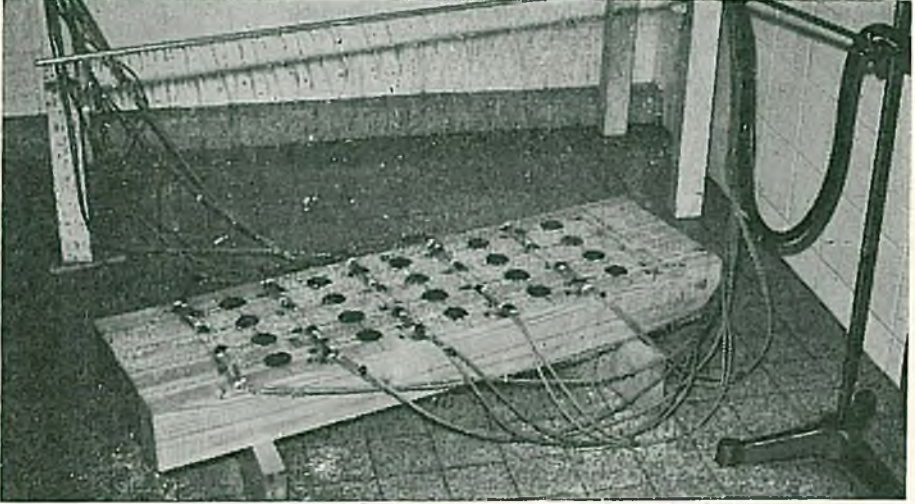
Abb. 21 : Feuchtigkeitsabnahme während der Versuchsdauer für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche.

--- 2 mm, - - - 5 mm, - · - · - 15 mm, ..... 25 mm, ——— 50 mm.

Şekilden yapıştırılmış tabakalı taşıyıcının en dışta bulunan tabakasının bir haftalık bekletme süresi sonunda % 10,4 odun rutubetine, sekiz haftalık bekletme süresi sonunda ise aşağı yukarı % 9 odun rutubetine eriştiği görülmektedir.

Deneme 6 : Suni yağmurda ve daha sonraki kurutmada yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıdaki rutubet değişimi ( $u_{g1} = \% 6$ ,  $\phi = \% 37$ ,  $t = 30^{\circ}\text{C}$ ).

$20^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve % 86 bağıl nemde klimatize edilmiş olan yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçası laboratuvarında beş saat süre ile dakikada 20 litre su ile suni olarak yağmurlanmıştır (Bak. resim 3).



Resim 3 : Laboratuvarda yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı parçasının yağmurlanması.

Bild 3 : Beregnung des Trägerabschnittes im Labor.

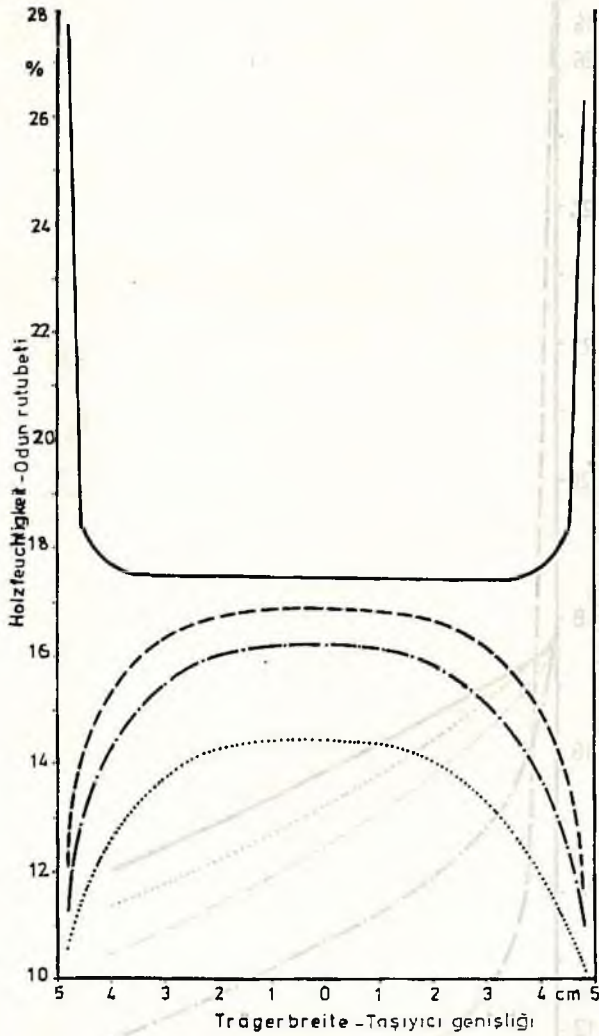
Bu yağmurlama süresinden sonra deneme örneği 30°C sıcaklık ve % 37 bağıl nemde bir klimaya bırakılmıştır.

Çeşitli bekleme zamanlarına göre rutubet dağılımının gidişi Şekil 22'de gösterilmektedir.

Beş saatlik yağmurdan sonra yapıştırılmış tabakalı taşıyıcının en dışta bulunan tabakasının rutubet almasının çok çabuk olduğu şekilden anlaşılmaktadır. Odun rutubeti taşıyıcının merkezinde ortalama % 17,5 bulunduğu halde, taşıyıcının yüzeyinde aşağı yukarı % 27'ye yükselmektedir.

Şekil 23'de taşıyıcı yüzeyinden farklı uzaklıklar için rutubet azalmasının seyri gösterilmiştir.

Şekilden suni olarak oluşturulan yağmurdan sonra en dışta bulunan odun tabakası yağmurdan etkilenmiş tabakalara göre ortalama olarak oldukça yüksek bir odun rutubetine sahip olmasına rağmen, rutubet azalması en dışta bulunan odun tabakalarında çok çabuk cereyan ettiği anlaşılmaktadır. İki haftalık bekleme zamanından sonra hem suni olarak yağmur altında tutulan, hem bu yağmurlamadan fazla etkilenmemiş olan taşıyıcı kısımları ortalama % 10,3 ile aşağı yukarı eşit odun rutubetine eriştiği görülür.



Şekil 22 : 10 cm. genişlikte Hetzer - yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı da beş saatlik yağmurlamadan sonra çeşitli uzunlukta bekletme sürelerine göre rutubetin dağılımı.

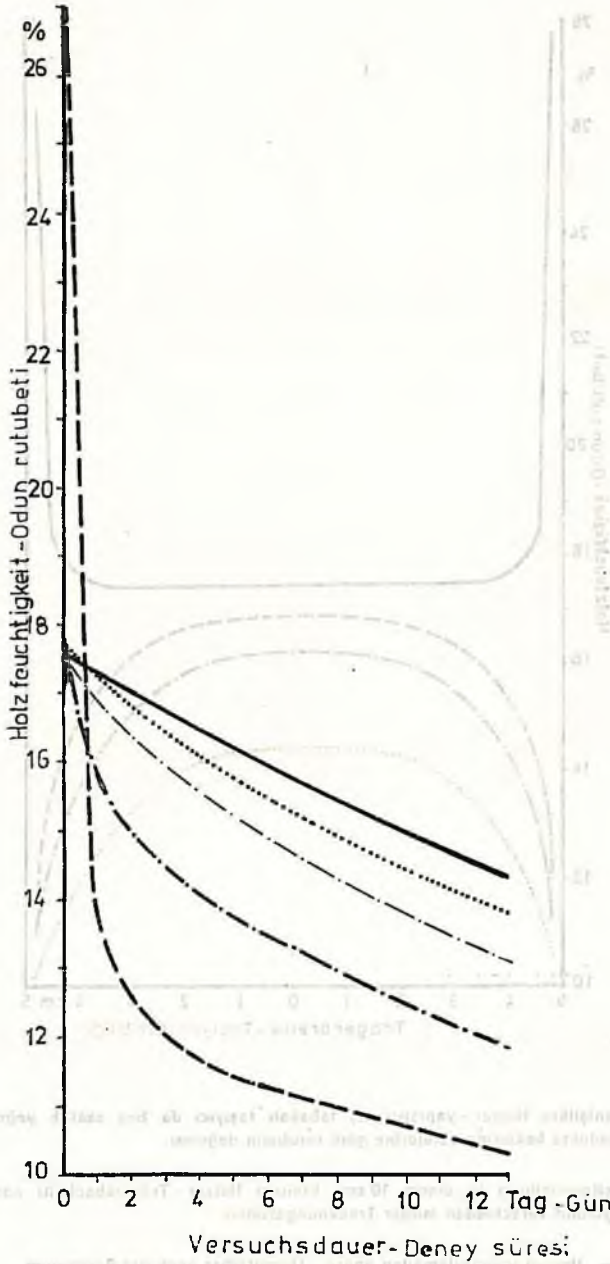
Abb. 22 : Fuchtigkeitsverteilung in einem 10 cm. breitem Hetzer - Trägerabschnitt nach fünf stündiger Beregnungs- und verschieden langer Trocknungszeiten.

———— Hemen yağmurlamadan sonra - Unmittelbar nach der Beregnung.

----- 3 günlük bekletmeden sonra - Nach drei Tagen Lagerungszeit.

- · - · - 7 günlük bekletmeden sonra - Nach sieben Tagen Lagerungszeit.

..... 13 günlük bekletmeden sonra - Nach dreizehn Tagen Lagerungszeit.



Şekil 23 : Deneme sırasında taşıyıcı yüzeyinden çeşitli uzaklıklarda rutubet azalması.

Abb. 23 : Feuchtigkeitsabnahme während der Versuchsdauer in verschiedenen Entfernungen von der Trägeroberfläche.

Yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı yüzeyinden ortalama uzaklık :

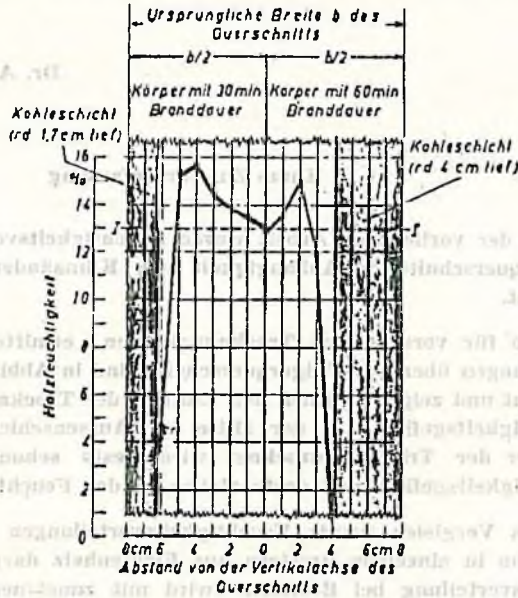
Mittlere Entfernungen von der Trägeroberfläche :

--- 2 mm, -.-.- 5 mm, .-.-. 15 mm, ..... 25 mm, ——— 50 mm.



Yangın denemesinden sonra bir Hetzer - yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıda rutubetin dağılımı :

DORN ve EGNER (1961) 30 ve 60 dakika yanmağa bırakılmış olan Hetzer - yapıştırılmış tabakalı taşıyıcısında rutubet dağılımını araştırmış ve deneme sonuçları Şekil 24'de gösterilmiştir.



Şekil 24 : 40 ve 60 dakika yanma süresinden sonra yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı enine kesiti üzerinde rutubetin dağılımı (DORN - EGNER 1961).

Abb. 24 : Feuchtigkeitsverteilung über dem Trägerquerschnitt nach 40 bzw. 60 min. Branddauer (DORN und EGNER 1961).

Şekilde odun kömür tabakasının hemen altında bulunan en dış zonun pratik olarak tamamen kurumuş olduğu görülmektedir. Rutubet miktarı daha içeride bulunan zonlarda dışarıdan içeriye doğru rutubet hareketi nedeniyle % 16'ya kadar yükselmekte, buna karşın enine kesit merkezinde aşağı yukarı % 13 odun rutubeti miktarı bulunmaktadır. Bu yangın denemesinden önce yapıştırılmış tabakalı taşıyıcıda belirlenmiş olan ortalama odun rutubetine eşdeğerdir.

# FEUCHTIGKEITSVERTEILUNGEN IN GROSSEN BRETTSCHICHTVERLEIMTEN HOLZTRÄGER<sup>1</sup>

Dr. Ahmet KURTOĞLU<sup>2</sup>

## Kurze Zusammenfassung

In der vorliegende Arbeit wurde Feuchtigkeitsverteilung über einen Trägerquerschnitt in Abhängigkeit von Klimaänderung und Zeit gezeichnet.

Die für verschiedene Trocknungszeiten ermittelten Feuchtigkeitsverteilungen über den Trägerquerschnitt sind in Abbildungen anschaulich gemacht und zeigen deutlich den Einfluss der Trocknungsschärfe auf die Feuchtigkeitsgefälle von der Mitte zur Aussenschicht des Trägers. Je schärfer der Träger getrocknet wird, desto schneller bildet sich ein Feuchtigkeitsgefälle und desto steiler ist der Feuchtigkeitsgradient.

Als Vergleich wurde Feuchtigkeitsverteilungen und Feuchtigkeitszunahme in einzelnen Brettern aus Fichtenholz dargestellt. Die Feuchtigkeitsverteilung bei Brettern wird mit zunehmender Versuchsdauer schneller gleichmässiger als bei den Trägern.

Die Feuchtigkeits - abnahme und zunahme wurde für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche in Abhängigkeit von der Zeit gezeichnet. Man sieht in Abbildungen deutlich, dass eine Holzschichte umso schneller Feuchtigkeit aufnimmt oder abgibt, je näher sie zur Oberfläche liegt.

Ausserdem war nach 8 Wochen die Holzgleichsfeuchtigkeit noch lange nicht erreicht. Diese Trocknungszeit war noch zu kurz.

## 1. EINLEITUNG

Das Holz spielt seit dem Beginn der Menschheit im Bauwesen eine bedeutende Rolle. Es ist fast überall verwendbar und einfach zu bearbeiten.

Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde in Weimar von Zimmermeister Hetzer der erste verleimte Holzträger hergestellt. 1910 liess er den sogenannten Hetzer - Träger

<sup>1</sup> Ein Teil aus der am Institut für Holzforschung der Universität für Bodenkultur in Wien durchgeführte Dissertationsarbeit (Spannungsänderungen in grossen Holzquerschnitten Infolge von Feuchtigkeitsänderungen).

<sup>2</sup> An der Forstlichen Fakultät der Universität Istanbul.

patentieren. Inzwischen ist die Bezeichnung Hetzer - Träger für Brettschicht - oder lamellierte Träger zum Begriff geworden. Besonders die Weiterentwicklung der Leime und die heute verwendeten Harnstoff- und Resorcinharzleime, die im wesentlichen bei der Verwendung für Holzkonstruktionen durch atmosphärische Einflüsse unverändert bleiben, ermöglichte die stürmische Entwicklung des Holzleimbaues.

Zur Zeit in Europa hat der Umfang der Produktion der Holzleimbaubetriebe etwa den Stand der USA mit 500.000 m<sup>3</sup> erreicht (FRIEDRICHS 1975).

Für einen zwecksmässigen Einsatz des Hetzerträgers ist es erforderlich, seine hygroskopischen Eigenschaften und die damit bei Feuchtigkeitsänderungen verbundenen Quell- und Schwindverformungen zu berücksichtigen.

Im allgemeinen gelten für mitteleuropäische Klimaverhältnisse Sollfeuchtigkeiten für Holzbauteile von 8 bis 18 %. Diese Werte stellen sich bei Normaltemperatur zwischen 30 und 85 % relativer Luftfeuchte ein. Der Feuchtigkeitsgehalt eines Trägers kann so eingestellt werden, dass die für ein verleimter Träger konstanten klimatischen Bedingungen ausgesetzt, das heisst, bei einer bestimmten relativen Luftfeuchtigkeit und einer bestimmten Temperatur, so findet ein Austausch der Feuchtigkeit des verleimten Trägers mit der umgebenden Luft statt.

Nach DIN 1052 kann der Feuchtigkeitsgehalt verleimter Träger zwischen 6 % und 18 % variieren. Im allgemeinen wird je nach der Art der Verwendung in 3 Gruppen unterteilt.

- 1 — Geschlossene Bauwerke mit Heizung 6 % - 12 %,
- 2 — Geschlossene Bauwerke ohne Heizung 9 % - 15 %,
- 3 — Überdeckte offene Bauwerke 12 % - 18 %.

Unter Bedingungen, wie sie während der Wintermonate in geschlossenen bzw. in überdeckten offenen Bauwerken herrschen, stellt sich im Holz ein niedriger bzw. höherer Feuchtigkeitsgehalt ein.

Die Verteilung der Holzfeuchtigkeit in einem Holzbrett, das der Trocknung ausgesetzt war, wurde von Sonnleitner (1933), zitiert bei Kollmann (1951), und von Egner (1934) untersucht. Sie konnten in den verschiedenen anatomischen Richtungen jeweils annähernd parabelformige Feuchtigkeitsverteilungen über dem Brettquerschnitt ermitteln. Über die Verteilung der Holzfeuchtigkeit in grossen Holzquerschnitten waren keine Untersuchungen bekannt. Aus diesem Grund sind die folgende Versuche, bei denen Träger mit grossem Querschnitt Klimaänderungen ausgesetzt wurden, vorgenommen worden :

- Versuch 1)* Holzfeuchtigkeitsänderung von durchschnittlich  $u = 12\%$  auf durchschnittlich  $u = 12\%$  bei 20°C durch Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit von 65 % auf 86 %.
- Versuch 2)* Holzfeuchtigkeitsänderung von durchschnittlich  $u = 17,5\%$  auf durchschnittlich  $u = 12\%$  bei 20°C durch Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit von 86 % auf 65 %.
- Versuch 3)* Holzfeuchtigkeitsänderung von durchschnittlich  $u = 17,5\%$  auf durchschnittlich  $u = 8\%$  bei 20°C durch Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit von 86 % auf 65 %.

- Versuch 4)** Holzfeuchtigkeitsänderung von durchschnittlich  $u = 17,5 \%$  bei  $20^\circ\text{C}$  ( $\varphi = 86 \%$ ), auf durchschnittlich  $u = 11,5 \%$  bei  $30^\circ\text{C}$  ( $\varphi = 63 \%$ ).
- Versuch 5)** Holzfeuchtigkeitsänderung von durchschnittlich  $u = 17,5 \%$  bei  $20^\circ\text{C}$  ( $\varphi = 86 \%$ ), auf durchschnittlich  $u = 6 \%$  bei  $30^\circ\text{C}$  ( $\varphi = 37 \%$ ).
- Versuch 6)** Holzfeuchtigkeitsänderung bei künstlicher Beregnung und wieder Trocknung. Anfangsfeuchtigkeit im Durchschnitt  $u_a = 17,5 \%$  bei  $20^\circ\text{C}$ . Maximale Holzfeuchtigkeit an der Oberfläche im Durchschnitt  $u_{\max} = 27,1 \%$  bei etwa  $12^\circ\text{C}$  und Endfeuchtigkeit im Durchschnitt  $6 \%$  bei  $30^\circ\text{C}$ .

Aus der Literatur wurde zusätzlich die Feuchtigkeitsverteilung nach dem Brandversuch festgehalten.

## 2. VERSUCHSPROBEN

Als Versuchsproben dienten 1 m lange brett-schicht - verleimte Holzträgerabschnitte mit Querschnitten (Breite  $\times$  Höhe) von  $(10 \times 30 \text{ cm})$ . Die Lamellen des Trägers bestanden aus rd. 3,3 cm dicken gehobelten Fichtenholzbrettern. Bevor die Träger hergestellt wurden, sind die einzelnen Bretter für den Versuch 1) bei Normalklima ( $20^\circ\text{C}$  und  $65 \%$  rel. L.), und für die Versuche 2) - 6) bei ( $20^\circ\text{C}$  und  $86 \%$  r.L.) klimatisiert worden. Nach der Klimatisierung wurden die Brettern mit Phenolresorcin-formaldehyd-leim unter Kaltaushärtung verleimt. Die Rohdichte des Trägerholzes lag im Mittel zwischen rd.  $0,430$  und  $0,471 \text{ g/m}^3$ . Der Pressdruck bei der Verleimung betrug ca.  $5 \text{ kp/cm}^2$ . Die Presszeit war etwa 24 Stunden.

Nach der Aushärtung sind die Träger gehobelt und genau auf 1 Meter Länge geschnitten worden. Anschliessend wurden sie zur Durchführung der Versuche im gewünschten Klima wieder gelagert.

## 3. FEUCHTIGKEITSGEHALTBESTIMMUNG

Als Holzfeuchtigkeit  $u$  (%) bezeichnet man den gesamten Wassergehalt einer Holzprobe in (g) bezogen auf die Masse der Probe im Darrzustand.

Die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit erfolgt mittels der Darmmethode (DIN 52183) nach Entnahme von geeigneten Proben. Für diese Zweck wurde mit der zur Verfügung stehenden Analysenwaage, die eine Ablesegenauigkeit auf  $0,001 \text{ g}$  erlaubt, mittels Differenzwägung durchgeführt, wobei die Gewichte der frischen und der gedarrten Proben ermittelt wurden.

$$u = \frac{G_u - G_d}{G_d} \cdot 100 (\%)$$

$u$  = Holzfeuchtigkeit

$G_u$  = Feuchtemasse des Holzes (gr)

$G_d$  = Masse des Holzes, im Darrzustand.

Um den mittleren Wassergehalt des Holzes möglichst genau bestimmen zu können, dürfen Proben bei Brettern nur mit scharfen Sägen und nicht direkt vom Hirn-

ende, sondern nach EGNER (1961) in 30 cm und KEYLWERTH und NOACK (1964) in 50 cm Entfernung vom Hirnende entnommen werden, damit der Einfluss der Hirnflächen möglichst ausgeschaltet wird. Die Austrocknung oder die Befeuchtung erfolgt in der Nähe der Hirnenden viel rascher als in einigem Abstand davon. Um diesen Einfluss nach Möglichkeit ausschalten zu können, was wegen der begrenzten Probenlänge nötig war, wurde die vorliegende Versuchsreihe durchgeführt.

#### 4. EINFLUSS VON VERSIEGELUNG BZW. ABDECKUNG DES HIRNENDES MIT HOLZ AUF DIE FEUCHTIGKEITSÄNDERUNGEN

Zur Behinderung des Feuchtigkeitsaustausches wurde das Hirnende des Holzes einerseits mit einem DD-Versiegelungslack behandelt, andererseits wurde es durch Vorsetzen eines gleichartigen Holzstückes abgedeckt. Für diesen Versuch wurden 75 Proben aus Fichtenholz verwendet. 25 Proben bleiben unbehandelt, 25 Proben wurden mit DD-Versiegelungslack behandelt und 25 Proben mit einem vorgesetzten Zusatzholz versehen. Die Proben für diesen Versuch wurden aus jeweils zusammengehörigen Brett-Teilen ( $30 \times 8 \times 2,5$  cm) hergestellt und im Normklima gelagert. Nach 7 Wochen Klimatisierung bei  $20^{\circ}\text{C}$  und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit enthielten die Proben im Durchschnitt 13,7 % Holzfeuchtigkeit.

Normalerweise wird bei diesem Klima eine Holzgleichsfeuchtigkeit von ca. 12 % erreicht. Die erhöhte Ausgleichsfeuchtigkeit war daher unerwartet. Es wird vermutet, dass das Holz das erste Mal getrocknet wurde und sich daher eine höhere Ausgleichsfeuchtigkeit eingestellt hat (1. Desorptionskurve).

Alle drei Probengruppen wurden in der Folge einem Feuchteklima ( $t = 20^{\circ}\text{C}$  und 86 % r.L.) ausgesetzt. Weiters erfolgte in verschiedenen Zeitabständen die Feuchtigkeitsbestimmung Mittels Darmmethode. Dafür wurden die Proben nach Abb. 1 aufgeteilt.

In Abb. 2 sind die Versuchsergebnisse angegeben.

Die grösste Feuchtigkeitsdifferenz zwischen am Hirnende und Mitte der Proben ermittelten Werte war bei DD-Versiegelungslackbehandelten Proben sehr gering mit 0,06 %, bei unbehandelten mit 0,36 %, und bei mit einem vorgesetzten Zusatzholz 0,11 %. Der Feuchtigkeitsgehalt der mit DD-Versiegelungslack behandelten Proben war immer geringer.

Eine Versiegelung oder eine Abdeckung des Holzes kann die Feuchtigkeitsaufnahme nur verzögern aber nicht verhindern.

Aus diesem Versuch lässt sich schliessen, dass die Behandlung des Hirnendes mit einem DD-Versiegelungslack zweckmässig ist, da die Feuchtigkeitsdifferenz zwischen Hirnende und Mitte der Proben am geringsten ist.

#### 5. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Für die Durchführung der Versuche zur Bestimmung der Feuchtigkeitsverteilung wurde neben dem vorhandenen Klimaprüfschrank (Bild 2) auch ein eigenes gebauter Klimaschrank verwendet. Klimate wurden im Klimaschrank einerseits mit einer Thermostatsteuerung andererseits mit Hilfe verschiedener Salzlösungen eingestellt-

und nach SCHNEIDER (1960) wurde die relative Luftfeuchtigkeit festgestellt. Für die Versuche wurden die in der folgenden Tabelle 1 angegebenen Beträge der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit ausgewählt.

t°C	Rel. Luftfeuchtigkeit	U <sub>gl</sub> %	Erreicht mit Hilfe von
30	37	6	MgCl <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O
20	47	8	Im Klimaprüfschrank
30	63	11,5	NaNO <sub>2</sub>
20	65	12,0	Im Klimaraum
20	86	17,5	KCl

Bevor ein Träger im Klimaschrank gelagert wurde, wurden seine Hirnenden mit einem DD-Versiegelungslack zweimal gestrichen. Sie wurden für die Bestimmung der Feuchtigkeitsverteilung abschnittsweise nach 1, 2, 4, 8 Wochen Lagerungszeit aus dem Klimaschrank herausgenommen und in 13 cm Entfernung von den Hirnenden wurde je eine 2 cm breite Holzscheibe herausgesägt und wie in Abbildungen 4 und 5 gezeigt wird, aufgeschnitten.

Das Aufteilen musste rasch vor sich gehen, damit die Teilstücke vor dem Wägen ihre Feuchtigkeit möglichst wenig ändern konnten. Sofort nach entnahme eines Teilstückes wurde es in einen verschliessbaren Glasbehälter gegeben und so schnell wie möglich mit der Analysenwaage gewogen.

## 6. VERSUCHSERGEBNISSE

*Versuch 1)* Auf Grund der Feuchtigkeitsgehalte der einzelnen Trägerschichten, die aus den durchschnittlichen Werten von je 9 Lamellen an 2 Trägern ermittelt wurden, wie in Abb. 4 und 5 schematisch dargestellt, sind die Kurven der Feuchtigkeitsverteilung eingezeichnet worden (Abb. 6) Mit Hilfe der Sorptionsisothermen wurde eine mittlere Ausgleichsfeuchtigkeit von ca. 17,5 % ermittelt. Die Anfangsfeuchtigkeiten der verwendeten Träger betragen im Mittel 12,8 %. Die grössten Abweichungen der Feuchtigkeitsverteilungskurve der Träger von der symmetrischen Form betragen ca. 0,2 %.

In der Abb. 7 sieht man deutlich, wie die Kurven während der Befeuchtung mit zunehmender Versuchsdauer flacher werden und eine Holzschichte umso schneller Feuchtigkeit aufnimmt, je näher sie zur Oberfläche liegt. Nur die Kurve, die den Feuchtigkeitsgehalt der äussersten Schichten des Trägers darstellt, zeigt einen etwa ungewöhnlichen Verlauf.

Es kann angenommen werden, dass die äusseren Schichten des Trägers wegen ihrer geringen Dicke bei der Feuchtigkeitsbestimmung mit der Darrmethode während der Probenentnahme bereits Feuchtigkeit verloren hat.

In den Abbildungen 8 und 9 sind zum Vergleich die Feuchtigkeitsverteilungen und Feuchtigkeitszunahme in einzelnen Brettern aus Fichtenholz dargestellt.

Es ist deutlich, dass die Feuchtigkeitsverteilung bei Brettern mit zunehmender Versuchsdauer schneller gleichmässiger wird, als bei den Trägern. Wie uns bekannt ist, geht bei grossen Proben die Feuchtigkeitsaufnahme und -abnahme langsamer vor sich als bei kleineren Proben (Abb. 9).

*Versuch 2)* Der Verlauf der Feuchtigkeitsverteilung wird in Abhängigkeit verschiedener Lagerungszeiten in Abb. 10 wiedergegeben. Die Anfangsfeuchtigkeiten der verwendeten Trägerabschnitte betragen im Mittel ca. 16,2 %. Die grössten Abweichungen der Feuchtigkeitsverteilungskurve der Träger von der symmetrischen Form betragen ca. 0,5 %. Mit Hilfe der Sorptionsisothermen wurde eine mittlere Ausgleichsfeuchtigkeit von ca. 12,5 % ermittelt. In der Abbildung sieht man deutlich, wie die Kurven während der Trocknung mit der zunehmender Versuchsdauer flacher werden.

Die Feuchtigkeitsabnahme für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche in Abhängigkeit von der Zeit wurde in Abb. 11 gezeichnet.

*Versuch 3)* Die Anfangsfeuchtigkeiten der Trägerabschnitte betragen im Mittel 17,1 %. Der Verlauf der Feuchtigkeitsverteilung ist in Abb. 12 aufgezeichnet. Die aus den Sorptionsisothermen ermittelte Holzausgleichsfeuchtigkeit war ca. 8 %. Die grösste Abweichung der Feuchtigkeitsverteilungskurve der Träger von der symmetrischen Form betragen ca. 0,2 %. Trotz der 8 wöchigen Versuchszeit ist die nach den Sorptionsisothermen ermittelte Holzausgleichsfeuchtigkeit noch nicht erreicht worden. Nach 8 Wochen Trocknungszeit hatten die aussen liegenden Holzschichten erst 11,6 % erreicht. In der Mitte des Trägers war die Holzfeuchtigkeit noch immer ca. 13,4 %. Die Trocknungszeit war für diese Versuchsreihe, wie in Abbildung 13 gezeigt wurde, noch zu kurz.

*Versuch 4)* Wenn die Holzleimbauhalle in Betrieb genommen und beheizt wird, steigt die Temperatur. Daraus folgt, dass durch das Absinken der relativen Luftfeuchtigkeit dem Träger in Kurzer Zeit Feuchtigkeit entzogen wird. Es bildet sich ein steiler Feuchtigkeitsgradient über den Querschnitt, der Zugspannungen verursacht. Deshalb wurde in diesem Versuch die Versuchstemperatur mit 30°C gewählt.

Die Anfangsfeuchtigkeit der Trägerabschnitte betrug ca. 16,8 %. Die grössten Abweichungen der Feuchtigkeitsverteilungskurven der Träger von der symmetrischen Form betrug ca. 0,5 %. Auf Grund der Sorptionsisothermen sollte sich nach entsprechender Lagerung eine Mittlere Holzgleichgewichtsfeuchtigkeit von ca. 11,5 % einstellen.

In Abb. 15 wurde die Feuchtigkeitsaufnahme für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche in Abhängigkeit von der Zeit (Versuchsdauer) dargestellt.

*Versuch 5)* Die Einzelwerte der ermittelten Holzfeuchtigkeit für die untersuchten Trägerabschnitte sind in Tabelle 2, 3, 4, 5, 6 und die räumliche Darstellung der Feuchtigkeitsverteilung in den Abbildungen 16, 17, 18, 19, 20 in Abhängigkeit von der Trocknungszeit wiedergegeben.

Die Anfangsfeuchtigkeit der verleimten Trägerabschnitte betrug im Mittel 16,7 %. Die Hirnenden des Trägers wurden mit DD-Versiegelungslack behandelt, um für die Feuchtigkeitsaustausch über Hirn zu verhindern. Aus den Abbildungen ersieht man an der Krümmung in Richtung der Trägerhöhe deutlich, dass die äusseren Lamellen

der Trägerabschnitte schneller Feuchtigkeit abgeben als die anderen Lamellen, da die obere und untere Fläche des Trägers nicht gegen Feuchtigkeitsab- und -zunahme geschützt war.

In Abb. 21 wurde die Feuchtigkeitsabnahme im Trägerabschnitt für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche in Abhängigkeit von der Trocknungszeit gezeichnet.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, haben die äusseren Schichten, nach einer Woche Trocknung 10,4 % Holzfeuchtigkeit und mit Ende der Trocknung, d.h. nach 8 Wochen, 9 % Holzfeuchtigkeit erreicht.

*Versuch 6)* Ein bei 20°C und 36 % relativer Luftfeuchtigkeit klimatisierter Trägerabschnitt ( $u_{gl}$  theor. = 17,5 %) wurde im Labor fünf Stunden lang mit 20 l Wasser pro Minute beregnet (Siehe Bild 3).

Nach dieser Beregnungszeit wurde die Probe einem Klima von 30°C und 37 % relativer Luftfeuchtigkeit ( $u_{gl}$  theor. = 6 %) ausgesetzt.

In Abbildung 22 wurde der Verlauf der Feuchtigkeitsverteilung nach verschiedenen Trocknungszeiten dargestellt.

Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, ist die Feuchtigkeitsaufnahme nach fünf stündiger Beregnung in den äusseren Schichten des Trägers sehr gross. In der Trägeroberfläche war die Holzfeuchtigkeit durchschnittlich etwa 27 %, während sie im Trägerinneren etwa 17,5 % betrug.

Der Feuchtigkeitsverlauf für verschiedene Entfernungen von der Trägeroberfläche ist in Abb. 23 wieder gegeben.

Ebenso kann man erkennen, dass die Feuchtigkeitsabnahme in den aussen liegenden Holzschichten sehr schnell vor sich geht, obwohl die Aussenschichten nach der Beregnung mit durchschnittlich eine wesentlich höhere Holzfeuchtigkeit hatten als die nicht beregneten. Nach zwei Wochen Trocknung hatten sowohl die beregneten als auch die nicht beregneten Trägerabschnitte mit etwa  $u_{gl} = 10,3$  % annähernd die gleiche Holzfeuchtigkeit erreicht.

#### Feuchtigkeitsverteilung in einem Hetzer - Träger nach einem Bradversuch

DORN und EGNER (1961) untersuchten die Feuchtigkeitsverteilung in einem Hetzer - Träger, nachdem dieser 30 bzw. 60 Minuten dem Brand ausgesetzt war, und die Ergebnisse sind in Bild 24 dargestellt.

Es ist ersichtlich, dass die Aussenzonen unmittelbar unter der Holzkohleschichte praktisch völlig ausgetrocknet worden sind. Der Feuchtigkeitsgehalt war in der weiter innen liegenden Zonen durch die Feuchtigkeitswanderung von aussen nach innen auf rund 16 % angewachsen.

Dagegen war im Querschnittkern ein Feuchtigkeitsgehalt von etwa 13 % vorhanden. Das entspricht dem vordem Brandversuch festgestellten durchschnittlichen Holzfeuchtigkeitsgehalt.



## LITERATURVERZEICHNIS

- DITTRICH, H. Einflüsse des Aussenklimas auf die Holzfeuchtigkeit von verbaulichem Holz in Innenräumen. Holz - Zentralblatt. Nr. 28, 79, (1969).
- DORN, H. und EGNER, K. Brandversuche mit geleimten Holzbauteilen (Hetzler - Balken). Holz - Zentralblatt. Nr. 28, 435 - 438 (1961).
- EGNER, K. Beiträge zur Kenntnis der Feuchtigkeitsbewegung in Hölzern, vor allem Fichtenholz, während der Trocknung unterhalb des Fasersättigungspunktes. Forsch. Ber. Holz. H. 2, Berlin (1934).
- Die Leimung tragender Bauteile. Informationsdienst Holz 2/3, 35, (1961).
- FRIEDRICH, H. Wirtschaftlichkeit und besondere Atmosphäre der Holzleimbauwerke immer mehr geschätzt. Bauen mit Holz. 11, 542 - 544, (1975).
- KOLLMANN, F. Technologie des Holzes und der Werkstoffe. Erster Band, 2. Auflage Springer Verlag. Berlin - Göttingen - Heidelberg, (1951).
- SCHNEIDER, A. Neue Diagramme zur Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit über gesättigten wasserigen Salzlösungen und wasserigen Schwefelsäurelösungen bei verschiedenen Temperaturen. Holz als Roh- und Werkstoff. 18, 269 - 272, (1960).
- SONNLEITHER, E. Verlauf der Feuchtigkeit innerhalb des Holzes während der Trocknung. Dissertation Stuttgart, (1932). Zitiert bei Kollmann, (1952).
- WESTHOFF, G. Grundlagen und Praxis der Temperaturmessung und Temperaturregelung. Vulkan - Verlag Dr. W. Classen Essen, (1965).

SERİ  
SERIES  
SERIE A  
SÉRIE

CİLT  
VOLUME  
BAND 28  
TOME

SAYI  
NUMBER  
HEFT 1  
FASCICULE  
1978

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**

