

## ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AĞAÇ MALZEMEDE VİDA ÇEKME DİRENCİNİN BELİRLENMESİ

Osman PERÇİN<sup>1\*</sup>, Suat AYAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknik Eğt. Fak., Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, 06500, Ankara,

**Özet-**Bu çalışmanın amacı, ısıtılmış uygulanmış bazı ağaç malzemelerdeki vida tutma direncinin belirlenmesidir. Bu maksatla Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), sapsız meşe (*Quercus petraea L.*), sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve kara kavak (*Populus nigra L.*) odunları tercih edilmiştir. Örnekler, Thermowood yöntemine göre 150, 175 ve 200 °C'de 2 saat ısıtılmış maruz bırakılmıştır. Ardından TS 2472'ye göre hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerleri, TS EN 13446'ya göre teğet ve enine kesit yüzeylerinde vida tutma dirençleri Belirlenmiştir.

Deneysel sonucunda, teğet kesitte elde edilen vida çekme dirençleri enine kesitten daha yüksek tespit edilmiştir. Teğet ve enine kesitte en yüksek vida çekme direnci, kontrol sapsız meşe (*Quercus petraea Liebl.*) örneklerde (sırası ile 23,88 N/mm<sup>2</sup> ve 18,92 N/mm<sup>2</sup>), en düşük 200 °C'de ısıtılmış tabii tutulan kara kavak (*Populus nigra L.*) örneklerde (sırası ile 9,40 N/mm<sup>2</sup> ve 7,48 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir. Buna göre mobilya konstrüksiyon tasarımında vida tutma performansı bakımından, ısıtılmış uygulanmış yoğunluğu yüksek olan ağaç türleri ve teğet yüzeyler tercih edilebilir. Ayrıca, değişik ısıtılmış uygulama yöntemleri araştırılarak meydana gelen direnç kayıpları minimize edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Isıtılmış işlem, vida çekme direnci, ağaç malzeme

## DETERMINATION OF SCREW WITHDRAWAL STRENGTH IN HEAT TREATED WOOD MATERIAL

**Abstract-**The aim of this study, to determine of the screw holding strength was some of the heat treated woods material. For his purpose, beech (*Fagus orientalis L.*), oak (*Quercus petraea L.*) scotch pine (*Pinus sylvestris L.*) and poplar woods was used. The test samples were exposed to temperature of heat treatment at 150, 175 and 200 °C. Screw holding strengths of the samples in tangential section and cross-section, were determined by using with marked the symbol of 4x50 screws according to principles of TS EN 13446.

According to experimental results, obtained from screw withdrawal strengths from the tangential section higher than cross section. The highest screw withdrawal strength in tangential and cross section, control oak (*Quercus petraea Liebl.*) samples (respectively 23,88 N/mm<sup>2</sup> and 18,92 N/mm<sup>2</sup>), lowest poplar (*Populus nigra L.*) samples of heat treatment at 200 °C (respectively 9,40 N/mm<sup>2</sup> and 7,48 N/mm<sup>2</sup>) were obtained. Accordingly, the design of furniture constructions, the preferable heat treated high density wood species and tangential sections in terms of screw holding performance. In addition, to investigate of application of different heat treatment methods resistance loses can be minimized

**Keywords:** Heat treatment, screw withdrawal strength, wood material

---

\* [opercin@gazi.edu.tr](mailto:opercin@gazi.edu.tr)

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tarih boyunca insanoğlunun yaşamında vazgeçilmez bir hammadde kaynağı olan ağaç malzemenin; günümüzde giderek azalan orman varlığı olması nedeniyle, daha verimli işlenmesi ve daha uzun süre kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Demir ve çelik gibi yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, yoğunluğunun düşük olmasına rağmen; kolay taşınabilmesi, hafif bir malzeme olmasına karşın çeşitli yüklemelere karşı direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi, işlenme sırasında enerji tüketiminin az olması, değişik renk ve desene sahip olması, ses, ısı ve elektriği az iletmesi, kimyasal maddelerden az etkilenmesi, renklendirme, vernikleme gibi yüzey işlemleri uygulanarak daha çekici hale getirilebilmesi ve eskidikçe koyu renk ve güzel görünüm kazanması gibi nedenlerle ağaç malzeme, başta doğrama endüstrisi olmak üzere mobilya ve dekorasyonda tercih edilen bir materyal olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağaç malzemenin olumlu özelliklerinin yanı sıra organik bir malzeme olmasından kaynaklanan yanabilme özelliği, böcekler tarafından tahrip edilebilmesi, mantarlar tarafından çürütülebilmesi, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen denge rutubetine göre boyutlarını değiştirebilmesi ve güneş ışınlarının etkisiyle renginin solması onun sakıncalı özellikleri olarak kabul edilmektedir [1, 2].

Ağaç malzemede bulunan olumsuz özelliklerin mümkün olduğu kadar en aza indirilmesi bununla birlikte olumlu özelliklerinin daha iyi seviyelere ulaştırılabilmesi için bu alanda birçok bilimsel araştırmalar ve çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan tüm bilimsel araştırmalar ve çalışmalar sonucunda ortaya çıkan yöntemlere genel anlamda "Odun Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir [3, 4].

Geliştirilen yöntemlerde aranan en önemli amaç tek bir modifikasyon yöntemi ile mümkün olduğu kadar özelliğin iyileştirilebilmesidir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan yöntem ağaç malzemelerin çeşitli kimyasal maddelere muamele edilmesidir. Kimyasal yoldan ağaç malzemenin muamele edilmesi avantaj ve dezavantajları ile birlikte değerlendirildiğinde bozulma ve çürümelere karşı ağaç malzemenin kararlı bir hal alması, uygulamasının kolay olması ile birlikte toksik madde içermeleri ve uygulamanın maliyetli olması istenmeyen bir durumdur. Son yıllarda çevreyle dost ürünlerin kullanılması artmakta ve teşviklerde devam etmektedir. Bunun yanında birçok kimyasal maddenin kullanımı da azaltılmış ve yasaklanmıştır. Bu durum, ağaç malzemenin boyutsal kararlılık ve biyolojik olarak bozulması alanında yeni çalışmalara zemin hazırlamıştır. Bu alanda geliştirilen en son teknoloji ve yöntem, ahşabın termal olarak modifiye edilmesidir [5, 6].

Ağaç malzemenin ısıtılarak modifiye edilmesi yeni bir uygulama olmamakla birlikte bilimsel ve ticari anlamda son yıllarda geniş uygulama alanı bulan bir gelişme olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağaç malzemenin gerçek anlamda ve bilimsel olarak ısıtılarak modifiye edilmesi ilk olarak Stamm ve Hansen (1937) [7] tarafında yapılmış ve denge rutubet miktarının azaldığını ifade etmişlerdir.

Çeşitli Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde ısı işlem uygulamaları olmasına rağmen çevre - insan sağlığı açısından önemi, ağaç malzemede biyolojik dayanıklılığı artırması ve boyutsal stabilizasyonunun sağlanması, uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi ve ticari anlamda yaygınlaşması son yıllarda daha fazla önem kazanmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Hollanda ve Fransa'da bilim adamları tarafından daha ayrıntılı olarak gerçekleştirilmiş son 10-15 yılda yoğunlaşmıştır. Günümüzde ısı işlem ya da piyasada yaygın olarak bilinen adıyla Thermowood uygulaması Avrupa'nın birçok ülkesinde değişik isim ve yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bunlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Finlandiya (Thermowood) yöntemi, Hollanda buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, Fransız (Rectification) inert gaz kullanılan yöntem ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir. Bunlarla birlikte çoğu önemli; teorik ve bilimsel

çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmıştır. Günümüzde ise yaygın olarak kullanılan Thermowood yöntemidir [8, 9].

Ağaç malzemeye uygulanan ısı işlem şartlarına ve yöntemlerine bağlı olarak denge rutubet miktarı azalırken genellikle mekanik dirençlerde azalmalar meydana gelmektedir [10, 11]. Bununla beraber ısı işlem sonucunda hücre duvarı ve ekstraktif maddelerde bozunmaların olması ile ağaç malzemenin kimyasal yapısı da değişikliğe uğramaktadır [12, 13].

Doğu Karadeniz Bölgesinden elde edilen Doğu Kayını, Sakallı Kızılağaç, Anadolu Kestanesi, Doğu Ladini ve Sarıçam odunlarının vida tutma dirençleri belirlenmiş; ağaç türlerine göre en yüksek vida tutma direnci Doğu Kayınında elde edilmiştir. Onu sırasıyla Sakallı Kızılağaç, Anadolu Kestanesi ve Sarıçam izlemiş en düşük vida tutma direnci ise Doğu Ladini odunlarında elde edilmiştir [14].

Yapılan çalışmada mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan soket vidanın karaçam, kayın ve meşe odunlarında vida tutma direnci belirlenmiş ve çalışma sonunda ağaç türlerinde kayın örneklerin vida tutma direnci meşe ve çam odununa göre yüksek çıkarken meşe odunu ikinci sırayı almıştır [15].

Lamine edilen kayın odununda yüzeye dik vida tutma direnci 1676 N olarak verilirken, aynı çalışmada borik asitle muamele edilen lamine kayın odununun yüzeye dik vida tutma direnci 2100 N olarak verilmiştir. Borik asitle muamele edilen örnekler kontrol örneklerine kıyasla % 25.30 oranında fazla bir direnç gösterdiği belirlenmiştir [16].

Mobilya üretiminde kullanılan bazı ağaç malzemelerin ve levhaların farklı yönlerde vida tutma dirençleri araştırılmıştır. Liflere paralel ve dik yönde en yüksek çekme direncini doğu kayını verirken bunu werzalit izlemiştir. Ayrıca levha kenarlarına uygulanan masif ve pilot deliklere uygulanan tutkalın vida tutma direncini önemli miktarda artırıcı etki yaptığı belirtilmektedir [17].

Etiket yongalı levha (Waferboard) ile Doğu Kayını ve Ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri araştırılmıştır. Vida tutma deneylerinde en yüksek çekme direnci Doğu kayını örneklerde liflere dik yönde 20x35 vida (17,670 N/mm<sup>2</sup>) verdiği bildirilmiştir [18].

Bu çalışmanın amacı; farklı sıcaklıklarda (150, 175, 200 °C), su buharı koruması altında ısı işlem uygulanmış Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), sapsız meşe (*Quercus petraea L.*), sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve kara kavak (*Populus nigra L.*) malzemelerde teğet ve enine kesitte vida tutma direncinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesidir.

## 2. YÖNTEM (METHOD)

### 2.1. Ağaç Malzeme (Wood Material)

Bu çalışmada; endüstride yaygın olarak kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), sapsız meşe (*Quercus petraea Liebl.*), kara kavak (*Populus nigra L.*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris Lipsky*) odunları tercih edilmiştir. Tamamen tesadüfi yöntemle seçilen ve satın alınan ağaç malzemenin seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, normal büyüme göstermiş, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Örneklerin boyutlandırılmasında ve denge rutubete gelmelerinde TS EN 13446'da [19] belirtilen esaslar dikkate alınmış ve 50x50x22 mm olacak şekilde ölçülandırılmıştır. Deney örnekleri dana sonra 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem

## :::Determination of Screw Withdrawal Strength In Heat Treated Wood Material:::

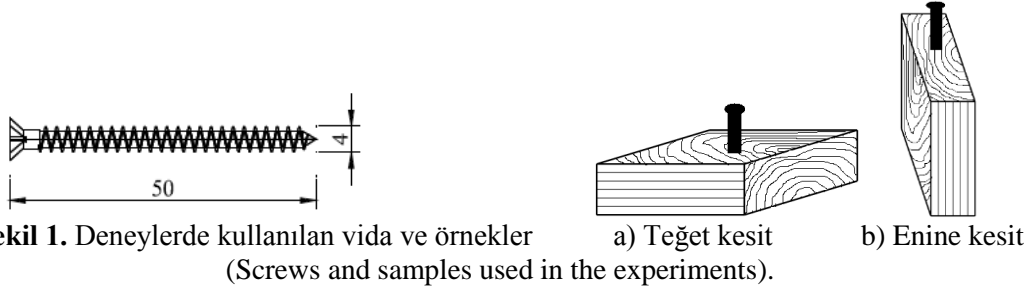
ortamında sabit ağırlığa ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. Deney örnekleri 4 ağaç türü, 4 ısı işlem sıcaklığı, 2 kesit tipi için 10'ar adet olmak üzere toplam 320 örnek hazırlanmıştır.

### 2.2. Isıl İşlem (Heat Treatment)

TS EN 13446'da belirtilen esaslara göre Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), sapsız meşe (*Quercus petraea Liebl.*), kara kavak (*Populus nigra L.*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris Lipsky*) odunlarından hazırlanan deney örneklerine, sıcak su buharı koruması altında her bir ağaç türü için ayrı ayrı Thermowood yöntemine göre 150, 175 ve 200 °C'de 2 saat ısı işlem uygulanmıştır. Bu maksatla fırın içerisine dizilen deney parçaları arasına yine aynı ağaç türünden masif çitaller yerleştirilerek levhaların üzerine şekil değişikliklerini engellemek için metal plakalardan ağırlıklar yerleştirilmiştir. Fırın çalıştırılırken ve çalışma esnası boyunca içerisine belirli aralıklarla (200 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca 2 bar) 100 °C±3'de su buharı verilerek ağaç malzemenin hem ani kuruması ile karşı karşıya kalacağı iç ve yüzey çatlakları engellenmiş hem de fırın içerisindeki oksijen bertaraf edilerek ağaç malzemenin yanması engellenmiştir [5, 20, 21, 22].

### 2.3. Vida Tutma Direnci (Screw Holding Strength)

Çalışmada mobilya üretiminde yaygın olarak tercih edilen ve TS 431 de [23] belirtilen esaslara göre 4x50 sembolü ile işaretlenmiş düşük karbon çelikli, düz havşa başlı, yıldız yarıklı, helisel dişli, diş tepe açısı 60°±6° olan vida kullanılmıştır. Klavuz deliğinin çapı, vida iç çapının yaklaşık %80'ni kadar ve eksene tam dik açılmıştır.



Deneylerde kullanılan vidaların teknik özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneylerde kullanılan vidanın teknik özellikleri (Technical characteristics of screw used in the experiments).

Vida tipi	Vida çapı (mm)	Pilot deliği çapı-mm	Pilot deliği derinliği	Etkili derinlik
4x50	3.9	2.4±0.1	12.0±0.5	19.0±0.5

Örneklerin teğet ve enine kesitteki vidalanması yukarıdaki tabloya uygun olarak yapıldıktan sonra tekrar örnekler 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem ortamında sabit kütleye ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. Deneyler Üniwersal test cihazında yükleme hızı 2-3 mm/dakika olacak şekilde yapılmış ve vida tamamen çıkana kadar devam ettirilmiştir. Çıkma anındaki maksimum kuvvet Newton (N) olarak kaydedilmiştir. Örneklerin vida çekme direnci (VÇ);

$$VÇ = F_{\max} / d.1 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Burada:

VÇ : Teğet ve enine kesitte vida çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

F<sub>max</sub> : Çıkma anındaki maksimum kuvvet (N)

d : Vida çapı (mm)

l : Vida girme derinliği (mm)

Hava kuru ve tam kuru yoğunlukların belirlenmesinde TS 2472 [24] esaslarına göre 20 x 30 x 20 mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Buna göre; deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve % 65  $\pm$  5 bağıl nem şartlarında bekletilerek değişmez ağırlığa ve boyutsal stabiliteye ulaştıktan sonra, 0,01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmış, boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlıklı kumpas ile ölçülerek hacimleri belirlenmiş ve daha sonra hava kuru yoğunluk ( $\delta_{12}$ );

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (2)$$

Burada;

$\delta_{12}$  = Hava kuru yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )

$M_{12}$  = Örnek ağırlığı (g)

$V_{12}$  = Örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )

Tam kuru yoğunlukların belirlenmesinde örnekler kurutma dolabında  $103 \pm 2$  °C'de değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiş ve örnek ağırlıklarının sabit hale gelmesini müteakip ağırlıkları ve üç yöndeki boyutları ölçülerek hava kuru yoğunluk ( $\delta_0$ );

$$\delta_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.} \quad (3)$$

$\delta_0$  = Tam kuru yoğunluk değeri ( $\text{g/cm}^3$ )

$M_0$  = Tam kuru ağırlık (gr)

$V_0$  = Tam kuru hacim ( $\text{cm}^3$ )

## 2.4. Verilerin değerlendirilmesi (Evaluation of data)

İstatistiksel değerlendirmelerde, MSTAT-C istatistik programından yararlanılmıştır. Çoklu varyans analizleri uygulanmış, verilerde gruplar arası fark önemli çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

## 3. BULGULAR (FINDINGS)

Çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerleri  
(Air-dry and oven-dry density values of wood materials used in this study)

	Doğu kayını		Sapsız meşe		Sarıçam		Kara kavak	
	$\delta_{12}(\text{g/cm}^3)$	$\delta_0(\text{g/cm}^3)$	$\delta_{12}(\text{g/cm}^3)$	$\delta_0(\text{g/cm}^3)$	$\delta_{12}(\text{g/cm}^3)$	$\delta_0(\text{g/cm}^3)$	$\delta_{12}(\text{g/cm}^3)$	$\delta_0(\text{g/cm}^3)$
Kontrol	0,652	0,638	0,690	0,679	0,531	0,525	0,474	0,458
150 °C	0,641	0,634	0,681	0,673	0,523	0,517	0,461	0,456
175 °C	0,633	0,629	0,673	0,669	0,504	0,501	0,451	0,447
200 °C	0,630	0,624	0,662	0,667	0,500	0,499	0,452	0,449

$\delta_{12}$ : Hava kuru yoğunluk,  $\delta_0$ : Tam kuru yoğunluk

Buna göre, kontrol örneklerine göre ısıl işleme maruz kalan tüm deney gruplarında hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerleri azalmıştır. Hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerinin azalmasına ağaç malzemenin yapısında meydana gelen kütle kayıplarının neden olduğu düşünülmektedir. Isıl işlem esnasında bazı ekstraktif maddelerin ve suyun buharlaşarak ağaç malzemenin uzaklaşması, ayrıca başta hemiselüloz olmak üzere selüloz ve ligninindeki bozunumların kütle kayıplarına neden olduğu düşünülmektedir. Literatürde ısıl işleme bağlı

:::Determination of Screw Withdrawal Strength In Heat Treated Wood Material:::

olarak yoğunluk kayıplarının yaşanmasında kütle kaybının önemli rol oynadığını gösteren çalışmalar mevcuttur [25, 26, 27, 28].

**Tablo 3.** Vida çekme direncine ilişkin istatistiksel veriler (The statistical datas of resistance against screw withdrawal)

Ağaç malzeme türü	Kesit tipi	Isıl işlem sıcaklığı	Min.	Max.	X <sub>ort</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	SS
Kavak	Teğet	Kontrol	9,30	13,50	11,29	1,78
		150 °C	7,48	13,09	10,69	2,61
		175 °C	8,62	11,53	9,78	1,13
		200 °C	7,39	11,41	9,40	1,35
	Enine	Kontrol	7,43	11,39	9,58	1,66
		150 °C	6,48	11,16	8,82	1,63
		175 °C	6,73	9,16	7,89	1,01
		200 °C	5,71	10,78	7,48	1,54
Sarıçam	Teğet	Kontrol	12,48	17,59	15,69	1,93
		150 °C	12,88	17,16	15,13	1,65
		175 °C	12,14	17,51	14,30	2,03
		200 °C	9,65	15,97	12,81	2,45
	Enine	Kontrol	10,69	14,86	12,70	1,78
		150 °C	8,94	16,69	12,15	2,41
		175 °C	9,06	13,78	11,42	1,87
		200 °C	6,66	15,30	9,87	2,66
Sapsız meşe	Teğet	Kontrol	20,52	27,14	23,88	2,03
		150 °C	18,55	27,05	22,80	2,78
		175 °C	17,64	22,54	20,09	2,10
		200 °C	13,66	18,48	16,06	1,71
	Enine	Kontrol	15,56	22,18	18,92	2,34
		150 °C	14,71	21,13	17,92	2,42
		175 °C	11,10	19,60	15,35	2,28
		200 °C	9,76	14,46	12,16	1,86
Doğu kayın	Teğet	Kontrol	19,32	26,25	22,77	2,01
		150 °C	16,66	25,56	21,11	2,88
		175 °C	15,24	21,51	18,40	2,23
		200 °C	13,78	19,20	16,49	1,74
	Enine	Kontrol	15,51	22,41	18,76	2,28
		150 °C	12,69	21,59	17,14	2,80
		175 °C	11,69	18,01	14,85	2,32
		200 °C	9,84	15,26	12,55	1,94

Min: Minumum vida çekme direnci, Max: Maksimum vida çekme direnci, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, SS: Standart sapma

En yüksek vida çekme direnci, teğet ve enine kesitte sapsız meşede sırasıyla 23,88 N/mm<sup>2</sup> ve 18,92 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Ağaç malzeme, kesit yüzeyi ve ısıl işlem sıcaklığına göre ortaya çıkan vida çekme dirençlerine uygulanan çoklu varyans analizi Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Vida çekme direncine ait çoklu varyans analizi (Multivariate analysis of variance for resistance against screw withdrawal)

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Ağaç malzeme türü (A)	3	4357,758	1452,586	529,6791	0,0000*
Isıl işlem sıcaklığı (B)	3	987,764	329,255	120,0613	0,0000*
Etkileşim (AB)	9	253,310	28,146	10,2632	0,0000*
Kesit tipi(C)	1	875,495	875,495	319,2455	0,0000*
Etkileşim (AC)	3	84,958	28,319	10,3265	0,0000*
Etkileşim (BC)	3	0,735	0,245	0,0894	ns
Etkileşim (ABC)	9	3,546	0,394	0,1437	ns
Hata	288	789,808	2,742		
Toplam	319	7353,375			

\*: 0,05'e göre önemli, ns: önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre ağaç malzeme türü, ısıtma işlem sıcaklığı, kesit tipi faktörlerinin vida tutma direnci; BC ve ABC etkileşimleri düzeyinde önemsiz, diğer faktör ve etkileşimleri düzeyinde ise anlamlı bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Ağaç malzeme türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Ağaç malzeme türüne göre Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları (Duncan test of the comparison results and homogeneity groups of according to type of wood material)

Ağaç malzeme türü	$X_{ort}(N/mm^2)$	HG
Sapsız meşe	18,40	A*
Doğu Kayın	17,78	B
Sarıçam	13,01	C
Kavak	9,366	D
LSD:0,5151		

\*: En yüksek vida tutma direncini ifade etmektedir.

Buna göre en yüksek vida çekme direnci sapsız meşede ( $18,40 N/mm^2$ ), en düşük ise kavakta ( $9,366 N/mm^2$ ) elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığına göre yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Isıl işlem sıcaklığına göre Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları (Duncan test of the comparison results and homogeneity groups of according to temperature of heat treatment)

Isıl İşlem sıcaklığı	$X_{ort}(N/mm^2)$	HG
Kontrol	16,72	A*
150 °C	15,72	B
175 °C	14,01	C
200 °C	12,10	D
LSD:0,5151		

\*: En yüksek vida tutma direncini ifade etmektedir.

Buna göre en yüksek vida çekme direnci kontrol örneklerinde ( $16,72 N/mm^2$ ), en düşük ise 200 °C'de ısıtma işlemine maruz bırakılan örneklerde ( $12,10 N/mm^2$ ) elde edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığına bağlı olarak vida çekme direnci azalmıştır.

Ağaç malzeme türü- ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Ağaç malzeme türü- ısıtma işlem sıcaklığı ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları (Duncan test of the comparison results and homogeneity groups of belong to type of wood material-temperatures of heat treatment double interaction)

Ağaç malzeme türü-ısıtma işlem sıcaklığı	$X_{ort}(N/mm^2)$	HG
Sapsız meşe+Kontrol	21,40	A*
Doğu kayını+Kontrol	20,86	A
Sapsız meşe+150°C	20,36	A
Doğu kayını+150°C	19,13	B
Sapsız meşe+175°C	17,72	C
Doğu kayını+175°C	16,62	D
Doğu kayını+200°C	14,52	E
Sarıçam+Kontrol	14,19	E
Sapsız meşe+200°C	14,11	E
Sarıçam+150°C	13,64	EF
Sarıçam+175°C	12,86	F
Sarıçam+200°C	11,34	G

:::Determination of Screw Withdrawal Strength In Heat Treated Wood Material:::

Kavak+Kontrol	10,43	GH
Kavak+150°C	9,755	HI
Kavak+175°C	8,835	IJ
Kavak+200°C	8,440	J
LSD:1,030		

\*: En yüksek vida tutma direncini ifade etmektedir.

Buna göre en yüksek vida çekme direnci kontrol sapsız meşede ( $21,40 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük ise  $200 \text{ °C}$ 'de ısıl işlem gören kavakta ( $8,440 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir.

Kesit yüzeyine göre yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8.** Kesit tipine göre Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları (Duncan test of the comparison results and homogeneity groups of according to type of cross-section)

Kesit tipi	$X_{ort}(N/mm^2)$	HG
Teğet kesit	16,29	A*
Enine kesit	12,98	B
LSD:0,3642		

\*: En yüksek vida tutma direncini ifade etmektedir.

Buna göre en yüksek vida çekme direnci teğet kesitte ( $16,29 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir.

Ağaç malzeme türü-kesit tipi ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 9'de verilmiştir.

**Tablo 9.** Ağaç malzeme türü-kesit tipi ikili etkileşime ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları ve homojenlik grupları (Duncan test of the comparison results and homogeneity groups of belong to type of wood material-type of cross section double interaction)

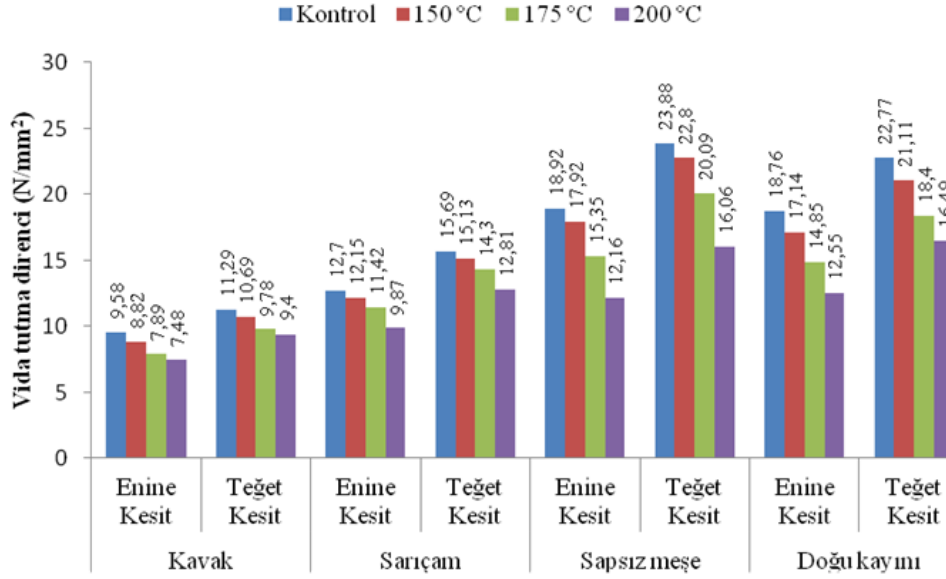
Ağaç malzeme türü-kesit tipi	$X_{ort}(N/mm^2)$	HG
Sapsız meşe+Teğet kesit	20,71	A*
Doğu kayını+Teğet kesit	19,69	B
Sapsız meşe+Enine kesit	16,09	C
Doğu kayını+Enine kesit	15,87	C
Sarıçam+ Teğet kesit	14,48	D
Sarıçam+ Enine kesit	11,53	E
Kavak+ Teğet kesit	10,29	F
Kavak+ Enine kesit	8,443	G
LSD:0,7285		

\*: En yüksek vida tutma direncini ifade etmektedir.

Buna göre en yüksek vida çekme direnci sapsız meşenin teğet kesitinde ( $20,73 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük ise kavağın enine kesitinde ( $8,443 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir.

Ağaç malzemelerde kesit yüzeyi ve ısıl işlem sıcaklığına bağlı olarak elde edilen vida çekme dirençleri Şekil 2'de verilmiştir.





**Şekil 2.** Ağaç malzemelerde kesit tipi ve ısıl işlem sıcaklığına bağlı olarak elde edilen vida çekme dirençleri (Resistances against screw withdrawal depending on type of cross-section and temperature heat treatment on wood materials)

Buna göre en yüksek vida çekme direnci kontrol örneklerinden sapsız meşenin teğet kesitinde ( $23,88 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilirken, en düşük  $200 \text{ °C}$ 'de ısıl işlem uygulanmış kavağın enine kesitinde ( $7,48 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir. Tüm ağaç malzeme türlerinde sıcaklık arttıkça vida çekme direnci azalmıştır.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

Bu çalışmada Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), sapsız meşe (*Quercus petraea L.*), kara kavak (*Populus nigra L.*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) odunlarından hazırlanan deney örneklerine  $150$ ,  $175$  ve  $200 \text{ °C}$ 'de 2 saat ısıl işlem uygulanmış teğet ve enine kesitte vida tutma direnci belirlenerek kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır.

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemedeki sıcaklık artışı ile birlikte hava kuruğu ve tam kuru yoğunluklar tüm deney gruplarında azalmıştır. Yoğunluklarda meydana gelen bu azalmaların örneklerde meydana gelen kütle kayıplarından ve denge rutubet miktarının azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde ısıl işleme tabi tutulan örneklerde yoğunluklarda meydana gelen kayıpların, başta hemiselüloz olmak üzere selüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin ısıl işlemle birlikte ağaç malzemedeki uzaklaşarak kütle kayıplarına neden olması ve daha az higroskopik olan ağaç malzemedeki denge rutubet miktarının azalmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [29, 30, 31].

Vida çekme direnci ağaç malzeme türünde en yüksek sapsız meşede çıkarken bunu Doğu kayını, sarıçam ve kavak takip etmiştir. Sapsız meşe ve Doğu kayınında yüksek çıkması yoğunluğun ve kohezyon kuvvetinin yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bu iki ağaç türünde de hücre çeperinin kalın, trahe sayısının fazla, lümen boşluğunun dar ve ağaç malzemedeki boşluk miktarının az olması vida çekme direncini artırmış olabilir. Literatürde de yüksek yoğunluklu ağaç malzemelerde vida çekme direnci yüksek çıkmıştır [32, 15, 33].

Çalışmada ısı işlem sıcaklığı arttıkça vida çekme direnci azalmıştır. Kontrol örneklerine göre toplamda %27,6 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Teğet ve enine kesitte ısı işlem sıcaklığına bağlı olarak kontrol örneklerine göre en fazla direnç kaybı 200 °C’de ısı işlem gören örneklerde sırasıyla %25,6 ve %29,8 oranında gerçekleşmiştir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin daha kırılabilir bir hale dönüşmesi sonucu vida etrafına sarılan odun lifleri çekme anında daha çabuk kopmaktadır. Ayrıca sıcaklıkla birlikte ağaç malzemenin ana bileşenlerinde özellikle hemiselülozlarda bozunmaların meydana geldiği ve bunun sonucunda vida çekme direncinin düştüğü düşünülmektedir. Literatürde sıcak yağ uygulaması ile ısı işleme tabi tutulan ağaç malzeme çivi çekme direncinde kontrol örneklerine göre %40’a varan azalmaların olduğu ve buna ağaç malzemenin ana bileşenlerinden lignin ve hemiselülozlardaki ısı işlem sonucu meydana gelen ayrışmaların neden olduğu ve denge rutubet miktarının da etkili olabileceği belirtilmiştir [34]. Benzer bir çalışmada da ısı işleme tabi tutulan huş (*Betula papyrifera*) odununda vida çekme direnci sıcaklığa bağlı olarak azalırken, en düşük vida çekme direnci 200 C’nin üzerinde ısı işleme tabi tutulan örneklerde belirlenmiştir [35].

Çalışmada teğet kesitte belirlenen vida çekme direnci enine kesitte belirlenen vida çekme direncinden daha yüksek çıkmıştır. Vidalama işleminde teğet kesitte vidanın dişleri ağaç malzemenin lifleri arasına sarılarak ilerlerken, enine kesitte vidanın dişleri ağaç malzemeyi yarararak ilerlemektedir. Bunun sonucu teğet kesitte vida çekme direnci yüksek çıkmış olabilir. Örs ve ark., (1998) [17], yaptıkları çalışmada kayın odununda yüzeye dik vida tutma direnci yüzeye paralel vida tutma direncinden yüksek çıkarken liflere dik yönde vida dişlerinin lifler arasına girerek sıkı bir bağ oluşturmaya karşılık, liflere paralel yönde ilerleme halinde lifleri açmış olması sebebiyle yeterli bağ oluşturmamasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Açıkel (2007) [36], yaptığı çalışmada emprenye işleminin ağaç malzeme yüzeyden, kenardan ve maktada vida çekme direncini araştırmış ve çalışma sonunda vidalama yönüne göre, vida çekme direnci en yüksek yüzeyde, en düşük maktada da elde edilmiştir. Vidalama yönüne göre vida çekme direnci büyükten küçüğe yüzey, kenar ve makta şeklindedir.

Lamine ahşap malzeme vida tutma direnciyle ilgili olarak başka bir çalışmada ise kavak (*Populus nigra*) ve kayın (*Fagus orientalis* L.) odununda radyal, teğet ve enine yönde vida tutma direnci belirlenmiştir. Bu amaçla farklı kalınlıktaki kaplamalar Polivinil asetat ve Poliüretan tutkalı ile lamine edilmiştir. Çalışma sonunda vida tutma direnci özgül ağırlık arttıkça artış göstermiştir. Ayrıca çalışmada radyal yöndeki direnç teğet yöndeki dirençlerden daha yüksek bulunurken tutkal türünün istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir [37].

Sonuç olarak yoğunluğu yüksek olan ağaç türlerinin teğet ve enine kesitte vida tutma dirençleri daha yüksek çıkmıştır. Mukavemet gerektiren yerlerde vidalı işlerde yoğunluğu yüksek olan ağaç türlerinin kullanılması önerilebilir. Ayrıca yoğunluğu düşük olan ağaç türlerinin kullanılması halinde açılan klavuz delikleri biraz daha dar açılarak vida çekme direnci artırılabilir. Ancak bu durumda da vidalama esnasında ağaç malzemenin çatlaması ile karşı karşıya kalınabilir ki bunun iyi dengelenmesi gerekir. Ayrıca yoğunluğu düşük olan ağaç türlerinin daha düşük sıcaklıklarda muamele edilmesi ile vida çekme direnci kaybı minimum düzeyde tutulabilir.

## 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Kurtoğlu, A., (2000). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri, Genel Bilgiler*, İ.Ü. Orman Fak. Orman End. Müh. Böl., İstanbul, I:31-32
- [2]. Sönmez, A., (2005). *Ağaç İşlerinde Üstyüzey İşlemleri I., Hazırlık ve Renklendirme* (Düzeltilmiş ve Genişletilmiş II. Baskı) Ankara.

- [3]. Bourgois, J., Bartholin, M.C., Guyennet, R.. (1998). Thermal Treatment of Wood: Analysis Of The Obtained Product. *Wood Science and Technology* 23(4): 303-310.
- [4]. Tjeerdsma, B.F., Boonstra, M., Militz, H., (1998). Thermal Modification Of Non-Durable Wood Species 2. Improved Wood Properties Of Thermal Treated Wood, *In Proceedings of 29th Annual meeting, Maastricht-The Low Countries*, 14-19 May, Doc. No. IRG/WP/98-40124.
- [5]. Mayes, D., Oksanen, O., (2002). ThermoWood Handbook, Finnforest, Finland,
- [6]. Aydemir, D., (2007). *Göknar (Abies bornmülleriana Mattf.) ve Gürgeç (Carpinus betulus L.) Odunlarının Bazı Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [7]. Stamm, A., Hansen, L., (1937). Minimizing Wood Shrinkage And Swelling: Effect Of Heating İn Various Gases. *Industrial Engineering Chemistry*, 29(7):831-833,
- [8]. Esteves, B., Marques, A.V., Domingos, I., ve Pereira, H., (2008). Heat-Induced Colour Changes Of Pine ( *Pinus pinaster* ) And Eucalypt ( *Eucalyptus globulus* ) Wood, *Wood Science and Technology*, Vol.42, No: 5 Pp: 369-384.
- [9]. Özçifçi, A., Altun, S., Yapıcı, F., Isıl İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, (2009).
- [10]. Kolmann, F., Schneider, A., (1963). On The Sorption Behaviour Of Heat Stabilized Wood. *Holz Roh-Werkst*, Vol: 21, No: (3), Pp:77-85.
- [11]. Viitanen, H., Jämsä, S., Paajanen L., Nurmi, A., Viitaniemi, P., (1994). The Effect Of Heat Treatment On The Properties Of Spruce, IRG/WP 94-40032,
- [12]. Tjeerdsma, B., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., Militz, H., (1998). Characterisation Of Thermally Modified Wood: Molecular Reasons For Wood Performance Improvement. *Holz Roh-Werkst* Vol: 56, Pp:149-153,
- [13]. Sivonen, H., Maunu, S., Sundholm, F., Jämsä, S., Viitaniemi, P., (2002). Magnetic Resonance Studies of Thermally Modified Wood, *Holzforschung*, Vol: 56, Pp: 648-654.
- [14]. Akyıldız, M., Malkoçoğlu, A., (2001). Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Önemli Bazı Ağaç Odunlarının Vida Tutma Direnci”, *Artvin Orman Dergisi*, Cilt No:1, Sayfa: 54-60,
- [15]. Efe, H., (1992). *Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket – Vida Tutma Yetenekleri*, Yüksek Lisans Tezi, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [16]. Çolakoglu, G., Colak, S., Aydın, İ., Yıldız Ü.C., Yıldız, S., (2003). Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Beech Veneer Lumber, *Silva Fennica*, Vol: 37(4) Research Articles,
- [17]. Örs, Y., Özen, R., Doğanay, S., (1998). Mobilya Üretiminde Kullanılan Ağaç Malzemenin Vida Tutma Direnci, *Türk Tarım Ve Ormanlık Dergisi*, (22), 29-34.
- [18]. Özçifçi, A., Doğanay, S., (1999). Etiket Yongalı Levha (Waferboard) ile Doğu Kayını ve Ladin Odunlarının Vida Ve Çivi Tutma Direnci, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, Ek sayı 5, 1207-1213.
- [19]. TS EN 13446, (2005). Ahşap Esaslı LEvhalar-Bağlayıcıların Geri Çekme Kapasitelerinin Belirlenmesi, Ankara.
- [20]. Johansson, D., (2008). *Heat Treatment of Solid Wood - Effects on Absorption, Strength and Colour*, Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, LTU Skellefteå, Division of Wood Physics.
- [21]. Johansson, D., Morén, T., (2006). The Potential Of Colour Measurement For Strength Prediction Of Thermally Treated Wood, *Holz als Roh- und Werkstoff*, Vol: (64), pp: 104-110.
- [22]. Syrjänen, T., Oy, K., (2001). Production And Classification Of Heat Treated Wood İn Finland, Review On Heat Treatments Of Wood. In: Proceedings of the special seminar held in Antibes, France,
- [23]. TS 431, (2001). Civatalar- ahşap için, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [24]. TS 2472, (1972). Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, TSE Standardı, Ankara
- [25]. Fengel, D., Wegener, G., “Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions”, *Walter De Gruyter*, Berlin, 613 (1984).
- [26]. Kollmann, F., Schneider, A., Über das Sorptionsverhalten wärmebehandelter Hölzer. *Holz Roh- Werkstoff*, 21: 77-85 (1963)
- [27]. Vital, B, R., Lucia, R, M, D., “Effect of Heating On Some Properties of Eacalyptus Saligna Wood”, *Revista-Arvore*, 7(2) :136-146 (1983).
- [28]. Yıldız, S., “Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 264 (2002).
- [29]. Vital, B, R., Lucia, R, M, D., (1983). Effect of Heating On Some Properties of Eacalyptus Saligna Wood, *Revista-Arvore*, Vol: 7(2), Pp:136-146,
- [30]. Rusche, H., (1973). Termal Degradation of Wood at Temperatures up to 200 °C, Part I, Strength of Dried Wood After Heat Treatment, *Holz Roh-u, Werkstoff*, Vol: 31, Pp: 273-281,
- [31]. Boonstra, M.J., (2008). *A two-stage thermal modification of wood*. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré - Nancy 1, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1,
- [32]. Wu, Q., (1999). Screw-Holding Capacity of Two Furniture-Grade Plywoods, *Composites and Manufactured Products*, 56.
- [33]. Altınok, M., Doruk, Ş., Dođal Ortam Şartlarının (kış mevsiminin) Bazı Ağaç Malzemenin Vida Tutma Performansına Etkisi, *Politeknik Dergisi*, Cilt 13, Sayı: 4, 305-311 (2010).
- [34]. Wang, J., İniating Evaluation of Thermal- Oil Treatment for Post MPB Lodgepole Pine, (2007).
- [35]. Poncsák, S., Kocaefe, D., Bouazara, M., Pichette, A., (2006). Effect of High Temperature Treatment on The Mechanical Properties on Birch (*Betula papyrifera*)”, *Wood Science Technology*, 40(8), 647-663.
- [36]. Açıkkel, İ., (2007). *Emprenye İşleminin Ağaç Malzemedede Vida Tutma Direncine Etkisi*, Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [37]. Çelebi. G., Kılıç. M., (2007). Nail And Screw Withdrawal Strength Of Laminated Veneer Lumber Made Up Hardwood And Softwood Layers, *Construction and Building Materials*, 21(4): 894-900.