

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ISIL İŞLEMLİ SARIÇAM VE DIŞBUDAK ODUNLARINDAN ÜRETİLMİŞ L-TİPİ MOBİLYA
BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YORULMA PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. Rüveyda ŞEN ER

**MART 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ISIL İŞLEMLİ SARIÇAM VE DIŞBUDAK ODUNLARINDAN ÜRETİLMİŞ L-TİPİ
MOBİLYA BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YORULMA PERFORMANSLARININ
İNCELENMESİ**

Rüveyda ŞEN ER

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 / 02 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 16 / 03 / 2021

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Samet DEMİREL

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

“Isıl İşlemlı Sarıçam ve Dişbudak Odunlarından Üretilmiş L-Tipi Mobilya Birleştirme Yerlerinin Yorulma Performanslarının İncelenmesi” adlı bu alışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı, Odun Mekaniğı ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans eğitiminin boyunca ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğı hoşgörü ve sabırdan dolayı çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Samet DEMİREL’e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca kıymetli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan sayın Prof. Dr. İlhan DENİZ’e, Prof. Dr. Ali TEMİZ’e, Prof. Dr. Sibel YILDIZ’a, Doç. Dr. Önder TOR’a, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim YILDIRIM’a ve Arş. Gör. Gaye KÖSE DEMİREL’e teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım için laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağılayan başta Doç. Dr. Mustafa ASLAN olmak üzere KTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliğı bölümü idari ve akademik personele teşekkür ederim.

Lisansüstü eğitiminin boyunca gerek deneysel çalışmalarımda gerekse tezimin yazımı esnasında yanımda olan, yardımlarını esirgemeyen ve moral veren çok değerli arkadaşlarım Orman Mühendisi Ahmet ÇOK, Arş. Gör. Sümran Bilgin, Peyzaj Mimarı Naz DEMİRÖZ ve Semanur şAHİN’e çok teşekkür ederim.

Yaşamımın her anında yanımda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen saygıdeğer babam Mustafa şEN ER, annem Rahime şEN ER ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilir, hürmet ve saygılarımı sunarım.

Rüveyda şEN ER

Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Isıl İşlemlı Sarıçam ve Dişbudak Odunlarından Üretilmiş L-Tipi Mobilya Birleştirme Yerlerinin Yorulma Performanslarının İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Samet DEMİREL’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/03/2021

Rüveyda ŞEN ER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. ThermoWood.....	2
1.1.1.1. ThermoWood'un Sınıflandırılması.....	3
1.1.1.2. ThermoWood İşlemi Uygulanan Ağaç Malzemedeki Değişiklikler.....	6
1.1.2. Literatür Çalışmaları.....	8
1.1.3. Çalışmanın Amacı.....	14
2. MATERYAL VE METOT.....	17
2.1. Materyal.....	17
2.1.1. Deney Tasarımı.....	18
2.1.2. L-tipi Birleştirme Yerleri.....	18
2.2. Metot.....	20
2.2.1. Statik Eğilme Testi.....	20
2.2.2. Yorulma Testi.....	21
2.2.2.1. Deney Tasarımı.....	21
2.2.2.2. Yorulma Test Sistemi.....	22
3. BULGULAR.....	25
3.1. Statik Eğilme Testi.....	25
3.1.1. Yük ve Yer değiştirme Grafiği.....	25
3.1.2. Statik Eğilme Testi Sonucu Oluşan Ayrılma Biçimleri.....	26
3.1.3. Statik Eğilme Testine Ait İstatistikî Analiz.....	35
3.1.3.1. Isıl İşlem Etkisi.....	36

3.1.3.2.	Zimba Sayısı Etkisi	37
3.1.3.3.	Ağaç Cinsi Etkisi	38
3.2.	Yorulma Testi	39
3.3.	Statik Eğilme Testi Ortalama Sonuçlarının ve Yorulma Testi Sonuçlarına Oranı	74
4.	SONUÇLAR.....	76
5.	KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ISIL İŞLEMLİ SARIÇAM VE DIŞBUDAK ODUNLARINDAN ÜRETİLMİŞ L-TİPİ MOBİLYA BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YORULMA PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

Rüveyda ŞEN ER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Samet Demirel
2021, 81 sayfa

Bu tez çalışmasında, kontrol ve ısıt işlemleri görmüş sarıçam ve dişbudak odunlarından üretilmiş L-tipi mobilya birleştirme yerlerinin statik ve tekrarlı yorulma yüklemesi altında davranışları araştırılmıştır. Sonuçlar, zımba sayısının ve ağaç yoğunluğun artmasıyla genellikle 8-zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin statik eğilme dirençlerinin arttığını göstermiştir. Sarıçamdan üretilmiş gerek kontrol ve gerekse ısıt işlemleri L-tipi birleşme yerlerinin statik eğilme direnç değerleri arasında istatistiki bir fark yokken dişbudaktan üretilmiş birleşme yerleri arasında istatistiki bir fark gözlemlenmiştir. Isıt işlemleri odundan üretilen L-tipi birleştirme yerlerinin yorulma dirençleri, genellikle kontrol örneklerinden üretilenlerle aynı yükleme aşamalarından geçmiş ve aynı yükleme aşamalarında başarısız olmuştur. Bu, hem kontrol ve hemde ısıt işlemleri L-tipi birleştirme yerlerinin aynı hizmet alanında kullanılabileceği göstermektedir. Statik ve yorulma yükleri altındaki L-tipi birleştirme yerleri ayrılma biçimi olarak çoğunlukla zımbaların eğilerek ağaç malzemeden çıkması şeklinde gözlemlenmiştir. L-tipi birleştirme yerleri için statik eğilme yüklemesinin tekrarlı yorulma yüklemesine genel oranı 2,85 olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Statik yorulma, Tekrarlı yorulma, Isıt işlem, L-tipi birleştirme yeri, Zımba, Dişbudak, Sarıçam.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF FATIGUE PERFORMANCE OF L-TYPE FURNITURE JOINTS
PRODUCED FROM HEAT TREATED YELLOW PINE AND ASH WOOD

Rüveyda ŞEN ER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural And Applies Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor Doç. Dr. Samet DEMİREL
2021, 81 Pages

In this thesis, the mechanical properties of L-shape joints produced from non-heat and heat-treated Scotch pine and ash wood under static bending loading and cyclic fatigue loading were investigated and compared. Results indicated that increasing number of staple in the joint and density of the wood generally increased static bending of 8-staple L-shape joints. While there was no statistical difference among the static bending strength values of both the control and heat-treated L-type joints constructed from Scotch pine, a statistical difference was observed among the joints constructed from ash wood. The fatigue bending resistances of L-shape joints produced from heat treated samples generally passed and failed the same loading steps with those produced from control samples which means both L-shape joints could be used in same service area. L-shape joints under static and fatigue loadings mostly indicated staple leg shear mode. The overall ratio of static bending loading to cyclic fatigue bending loading for L-shape joints was obtained as 2,85.

Keywords: Static bending, Cyclic fatigue bending, Heat treated, L-shape joint, Staple, Ash wood, Scotch pine.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. ThermoWood üretim metodu grafiği.....	2
Şekil 2. ThermoWood'un ahşaba kazandırdığı üstün özellikler	7
Şekil 3. L-tipi birleştirme yerine ait tipik bir konfigürasyon	17
Şekil 4. L-tipi birleştirme yerleri: a) Sarıçam kontrol örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, b) Isıl işlemli sarıçam örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, c) Dişbudak kontrol örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, d) Isıl işlemli dişbudak örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, e) Sarıçam kontrol örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri, f) Isıl işlemli sarıçam örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri, g) Dişbudak kontrol örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri, h) Isıl işlemli dişbudak örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri	19
Şekil 5. L-tipi birleştirme yerlerinin eğilme testi için MTS universal makinesine yerleştirilmesi: a) Soldan görünüş, 1) L-tipi birleştirme yerinin yerleştirildiği platform, 2) Yükleme başlığı, 3) Test edilen birleştirme yeri, 4) Yüklemenin takip edildiği bilgisayar; b) sağdan görünüş.....	21
Şekil 6. L-tipi birleştirme yerlerine ait tekrarlı yorulma yapıldığı sistem: a) önden; b) çaprazdan görünüş.....	23
Şekil 7. a) Zamanlama sayacı; b) yük devir sayacı.....	24
Şekil 8. L tipi birleştirme yerlerine ait tipik bir yük-yer değiştirme eğrisi.....	25
Şekil 9. Eğilme direnci testi sonrası sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri.....	27
Şekil 10. Eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış sarıçam örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	28
Şekil 11. Eğilme direnci testi sonrası dişbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	29
Şekil 12. Eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış dişbudak örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	30
Şekil 13. Eğilme direnci testi sonrası sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	31

Şekil 14. Eğilme direnci testi sonrası ısıtma işlemli sarıçam örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	32
Şekil 15. Eğilme direnci testi sonrası dışbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	33
Şekil 16. Eğilme direnci testi sonrası ısıtma işlemli dışbudak örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri	34
Şekil 17. Sarıçam kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	40
Şekil 18. Zımba malzemesinin devirli yük altında kopması	43
Şekil 19. Isıtma işlem görmüş sarıçam örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	44
Şekil 20. Sarıçam kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	48
Şekil 21. Zımbaların devirli yük altında koparak ağaç malzemeden çıkması.....	51
Şekil 22. Isıtma işlemli sarıçam örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	53
Şekil 23. Dışbudak kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	56
Şekil 24. Isıtma işlemli dışbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	59
Şekil 25. Isıtma işlemli dışbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	61
Şekil 26. Isıtma işlemli dışbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	63
Şekil 27. Dışbudak kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri	65

- Şekil 28. Dişbudak kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görünüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri..... 68
- Şekil 29. Isıl işlemli dişbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görünüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri 70
- Şekil 30. Isıl işlemli dişbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görünüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri 72



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Thermo-S sınıfı ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin nihai kullanım yerleri	3
Tablo 2. Thermo-D sınıfı ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin nihai kullanım yerleri	4
Tablo 3. ThermoWood'un iğne yapraklı ağaç malzeme üzerindeki etkileri	5
Tablo 4. ThermoWood'un yapraklı ağaç malzeme üzerindeki etkileri.....	5
Tablo 5. Farklı değişkenlerle birlikte ortaya çıkan ağırlık kayıpları	6
Tablo 6. Yıllara göre ThermoWood üretim miktarı	8
Tablo 7. Ağaç malzemelerin yoğunluk ve rutubet değerleri	18
Tablo 8. GSA tekrarlı ve adımli yorulma yüklemesi planı	22
Tablo 9. Sarıçam ve dişbudak örneklerinden oluşturulmuş 6 ve 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait N cinsinden maksimum eğilme direnç değerleri ve ortalamaları	26
Tablo 10. L-tipi birleştirme yerlerinin farklı ağaç türü, işlem durumu ve zımba.....	35
Tablo 11. Doğrusal model sonucu elde edilen ana faktörler ile etkileşim faktörleri arasındaki istatistiksel anlam düzeyleri.....	35
Tablo 12. L-tipi birleştirme yerlerinin N cinsinden ortalama statik.....	36
Tablo 13. L-tipi birleştirme yerlerinin N cinsinden ortalama statik.....	37
Tablo 14. L-tipi birleştirme yerlerinin N cinsinden ortalama statik.....	38
Tablo 15. Çift sıra 6 zımbalı sarıçam kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	39
Tablo 16. Çift sıra 6 zımbalı ısıtıl işlemli sarıçam örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	43
Tablo 17. Çift sıra 8 zımbalı sarıçam kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	47
Tablo 18. Çift sıra 8 zımbalı ısıtıl işlemli sarıçam örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	52
Tablo 19. Çift sıra 6 zımbalı dişbudak kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	55
Tablo 20. Çift sıra 6 zımbalı ısıtıl işlemli dişbudak örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	60
Tablo 21. Çift sıra 8 zımbalı dişbudak kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	64

Tablo 22. Çift sıra 8 zımbalı ısıtıl işlemlı dişbudak örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları.....	69
Tablo 23. L-tipi birleştirme yerlerinin tekrar yorulma testi sonucu başarılı ve başarısız olduğu yükleme seviyeleri	73
Tablo 24. Tüm L-tipi birleştirme yerlerine ait ortalama değlerlerin N ve kg cinsinden değleri.....	74
Tablo 25. Ortalama statik eğilme direnci değleriyle tekrarlı yorulma testi sonucu geçilmesi başarılı adım sonrası elde edilen değlerle karşılaştırılması	75



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

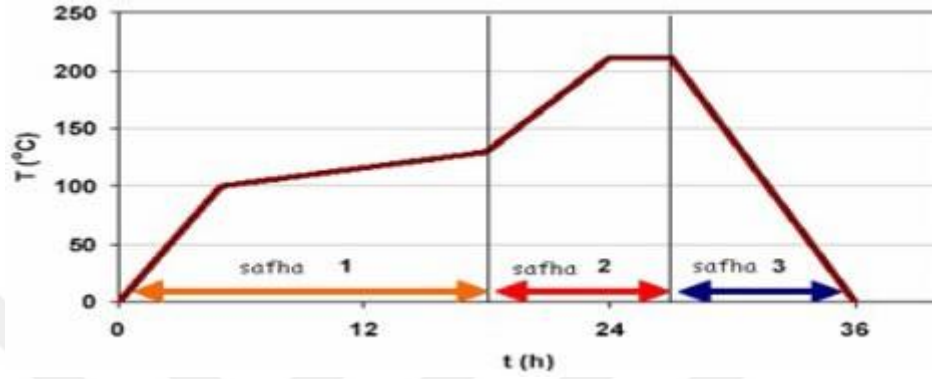
Isıl işlemin, ağaç malzeme ile muamelesi ilk olarak 1930'lu yıllarda Almanya'da Stamm ve Hansen tarafından yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Rundel ve Buro tarafından konuyla ilgili araştırmalarını sürdürmüşlerdir. 1960'lı yıllarda bu konu ile ilgili ilk bilimsel yayın Kollmann ve Schneider tarafından yapılmıştır.

Günümüzde ısıtıl işlem birçok ülkede farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Finlandiya'da ağaç malzeme ile muamelesinde yalnız buhar kullanılması ile "ThermoWood" yöntemi; Hollanda'da sıcak hava ile birlikte buhar kullanılması ile "Plato" yöntemi; Fransa'da inert gaz kullanılması ile "Retifikasyon" yöntemi ve Almanya'da sıcak yağ kullanılması ile "OHT" yöntemi geliştirilmiştir (Mayes ve Oksanen, 2002).

Son zamanlarda ısıtıl işlem yöntemleri; eski ve yeni yöntemler olarak üzere ikiye ayrılır. Eski yöntemler; ağaç malzemenin sıkıştırılmayarak yalnız ısı ile boyutsal stabilizesinin sağlanması "Staybwood" yöntemi ve ağaç malzemenin şiddetli bir ısıtma ile sıkıştırılarak stabilize edilesi "Staypak" yöntemidir. Yeni yöntemler; ThermoWood yöntemi (Finlandiya), PlatoWood-Lignius-Lambowood yöntemi (Hollanda), Retification process (Retiwood)-New Option wood-Le Bois Perdure yöntemi (Fransa), Hot Oil treatment (OHT)-Menz Holz yöntemi (Almanya), Calignum yöntemi (İsveç), Thermabolite yöntemi (Rusya), Huber Holz yöntemi (Avusturya), Wood treatment technology (WTT) yöntemi (Danimarka), Westwood yöntemi (Amerika, Kanada, Rusya) (Sundqvist, 2004; Tjeerdsma, 2006). Bu tez çalışmasında ThermoWood yöntemi ile muamele edilen ağaç malzemeler üzerine performans ölçümü yapılmıştır.

1.1.1. ThermoWood

ThermoWood yöntemi 3 ana aşamadan oluşur. Şekil 1 ThermoWood yöntemiyle üretim basamaklarını göstermektedir.



Şekil 1. ThermoWood üretim metodu grafiği (URL-1, 2020).

Isıl işlem aşamaları;

1. Yüksek Sıcaklıkta Kurutma Aşaması: Fırının sıcaklığı ısı ve buhar kullanılarak hızlı bir şekilde 100°C'ye yükseltilmektedir. Daha sonra ara vermeden sıcaklık 130°C'ye yükseltilerek ağaç malzemenin kurutulması ve rutubet içeriğinin % 0 olması sağlanır. Bu aşamanın süresi odun türü, kereste kalınlığı ve odunun rutubet içeriğine bağlıdır. Hammadde taze veya kurutulmuş odun olabilir (URL-1, 2020).

2. Asıl Isıl İşlem Aşaması: Yüksek sıcaklıkta kurutma aşamasından sonra fırının sıcaklığı 180°C'ye (Thermo S) ve 212°C'ye (Thermo D) çıkartılmaktadır. Hedeflenen sıcaklığa ulaşıldığında, ısı işlem uygulama amacına göre bu sıcaklık 2-3 saat sabit tutulmaktadır. İşlem süresince ağacın yanmaması için buhar kullanılır ve bu buhar ağaçta meydana gelen kimyasal değişiklikleri de etkiler (URL-1, 2020).

3. Soğutma ve Kondüsyonlama Aşaması: Su püskürtme sistemi kullanılarak ağaç malzemenin sıcaklığı 80°C - 90°C'ye düşürülür ve rutubeti % 4-6'ya ulaşmaya kadar işleme devam edilmektedir. Bu safha ağaç türüne ve sıcaklığa bağlı olarak 5 – 15 saat sürer (URL-1, 2020).

ThermoWood'u etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bunlar; ısıtım süresi ve sıcaklığı, ısıtımın gerçekleştirildiği ortam, ısıtım sistemi, odun türü, numune boyutu ve katalizör kullanılıp kullanılmadığıdır (Hill, 2006).

1.1.1.1. ThermoWood'un Sınıflandırılması

Yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların anatomik yapısı birbirinden farklıdır. Bu yüzden uygulanan ThermoWood işlemi de farklıdır (URL-1, 2020). ThermoWood kullanım yerlerine göre Thermo-S ve Thermo-D olarak sınıflandırılır.

Thermo-S iç mekânda, Thermo-D dış mekânda kullanılan ağaç malzemeye uygulanan ThermoWood sınıfıdır.

Thermo-S'deki 'S' sağlamlık ve kararlılık anlamına gelir. Bu sınıfın en belirleyici özelliği dış görünüş, sağlamlık ve kararlılıktır. Bu sınıfa uygulanan ağaç malzemenin rutubete bağlı yüzeysel çekme ve şişme ortalaması % 6-8'dir (Mayes ve Oksanen, 2002). Thermo-S kullanım alanları Tablo 1'de verilmiştir (URL-1, 2020).

Tablo 1. Thermo-S sınıfı ısıtım görmüş ağaç malzemenin nihai kullanım yerleri

Thermo-S İğne Yapraklı Ağaç	Thermo-S Yapraklı Ağaç
Yapı Malzemeleri	İç Mekan Kaplamaları
İç Mekan Mobilyaları	İç Mekan Mobilyaları
İç Cephe Kaplamaları	Bahçe Mobilyası
Mutfak ve Elbise Dolapları	Parke
Bahçe Mobilyaları	Sauna ve Sauna Elamanları
Sauna ve Sauna Elemanları	
Kapı ve Pencere Malzemeleri	
Dış Cephe Kaplamaları	

Thermo-D'deki 'D' dayanıklılık anlamına gelir. Bu sınıfın en belirleyici özelliği dış görünüş ve dayanıklılıktır. Bu sınıfa uygulanan ağaç malzemenin rutubete bağlı yüzeysel

çekme ve şişme ortalaması % 5-6'dır (Mayes ve Oksanen, 2002). Thermo-D kullanım alanları Tablo 2'de verilmiştir (URL-1, 2020).

Tablo 2. Thermo-D sınıfı ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin nihai kullanım yerleri (URL-1, 2020).

Thermo-D İğne Yapraklı Ağaç	Thermo-D Yapraklı Ağaç
İç ve Dış Kapı	İç Mekan Kaplamaları
Pencere Panjurları	İç Mekan Mobilyaları
Parke	Bahçe Mobilyası
Park ve Bahçe Mobilyaları	Parke
Sauna ve Sauna Elemanları	Sauna ve Sauna Elamanları
Dış Cephe Kaplamaları	

ThermoWood işleminin farklı ağaç türü ve kullanım yerlerine etkileri aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. ThermoWood'un iğne yapraklı ağaç malzeme üzerine etkisi Tablo 3'te verilmiştir. ThermoWood'un yapraklı ağaç malzeme üzerine etkisi Tablo 4'te verilmiştir (URL-1, 2020).

Tablo 3. ThermoWood'un iğne yapraklı ağaç malzeme üzerindeki etkileri (URL-1, 2020).

	Thermo-S	Thermo-D
Uygulama Sıcaklığı	190°C	212°C
Hava Mukavemeti	+	++
Boyutsal Kararlılık	+	++
Bükülme Mukavemeti	Değişme Yok	-

Tablo 4. ThermoWood'un yapraklı ağaç malzeme üzerindeki etkileri (URL- 1, 2020).

	Thermo-S	Thermo-D
Uygulama Sıcaklığı	185°C	200°C
Hava Mukavemeti	Değişme Yok	+
Boyutsal Kararlılık	+	+
Bükülme Mukavemeti	Değişme Yok	-

1.1.1.2. ThermoWood İşlemi Uygulanan Ağaç Malzemedeki Değişiklikler

Uygulanan ThermoWood ısıtıl işlemi sonucunda ağaç malzemenin kimyasal yapısında, fiziksel özelliklerinde, biyolojik özelliklerinde ve mekanik özelliklerinde değişiklikler meydana gelmektedir (URL-1, 2020).

Kimyasal yapıda meydana gelen değişiklikler: hemiselülozun degradasyonundan kaynaklananlar; ağaç malzemenin su almasında azalma, boyutsal kararlılık, biyolojik dayanımın artması, mekanik özelliklerinde olumsuz yönde değişikliklerdir. Selülozun degradasyonundan kaynaklanan; düşük denge rutubet miktarı ve sertliktir. Ligninin degradasyonundan kaynaklanan; direnç azalmakta, biyolojik dayanım artmakta ve boyanabilirliktir. Ekstraktif maddelerin degradasyonundan kaynaklanan; boyanabilirlik ve tutkullanabilirliktir (URL-1, 2020).

Fiziksel özelliklerde meydana gelen değişiklikler: ağaç malzemenin boyutsal stabilizasyonu artmıştır, rengi koyulaşmıştır, çatlaklar meydana gelmiştir ve hoş olmayan koku oluşmuştur. Ancak bu kötü koku 2-3 hafta sonra kaybolmaktadır. Ayrıca ağaç malzemenin hacminde ve ağırlığında da kayıplar meydana gelmektedir (URL-1, 2020). Farklı değişkenlerle birlikte ortaya çıkan ağırlık kayıpları aşağıdaki Tablo 5’ te gösterilmiştir.

Tablo 5. Farklı değişkenlerle birlikte ortaya çıkan ağırlık kayıpları (URL-1, 2020).

Düşük Ağırlık Kaybı	Yüksek Ağırlık Kaybı
İnert atmosferde, oksijensiz ortamda veya vakum altında	Hava ortamı
Açık sistem	Kapalı sistem
Kuru ortam	Nemli ortam
İğne yapraklı ağaç	Yapraklı ağaç
Isıtılmış buhar	Hidrotermal

Mekanik özelliklerde meydana gelen değişiklikler: ağaç malzemenin direnci, sertliği, eğilmede elastikiyet modülü ve şok direnci azalmaktadır. Özetle ThermoWood işlemi ağaç malzemenin mekanik özelliklerini %30 azaltmaktadır.

Biyolojik değişim: ağaç malzemenin mikroorganizmalara karşı dayanımı artmıştır (Stamm, 1956; Yıldız, 2002).

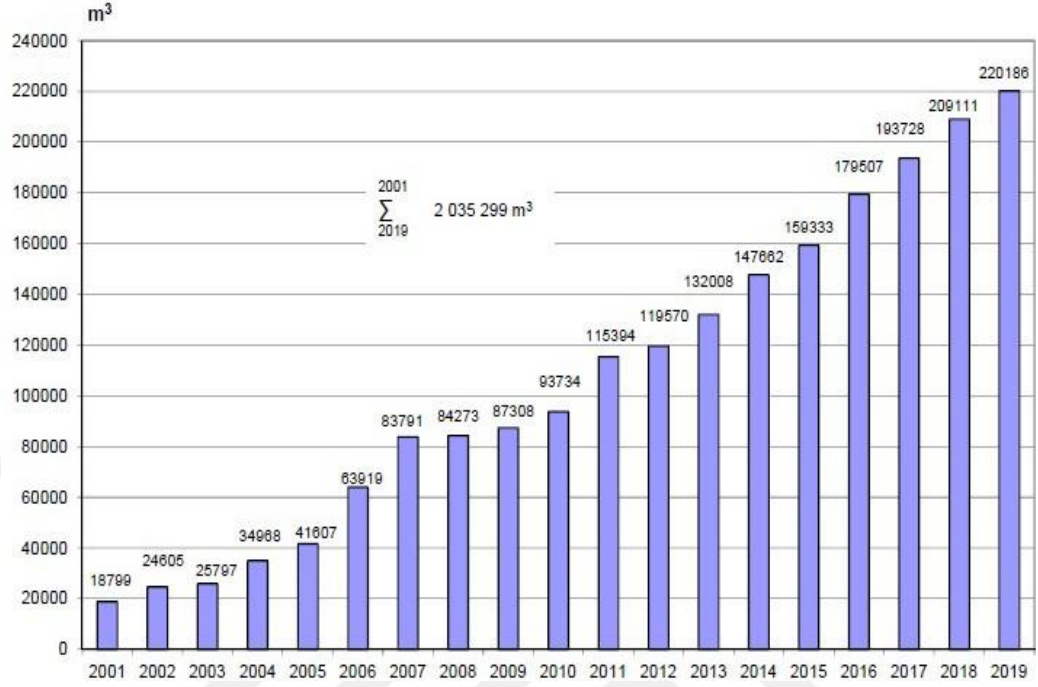
ThermoWood'un ahşaba kazandırdığı üştün özellikler şekil 2'de verilmiştir. (URL-2, 2020).



şekil 2. ThermoWood'un ahşaba kazandırdığı üştün özellikler (URL-2, 2020).

Türkiye'de ısıl işlem üretimi yapan firmalar ; Tantimber, Naswood ve Novawood'tur (URL-3, 2020).

Tablo 6. Yıllara göre ThermoWood üretim miktarı (URL-3, 2020).



Tablo 6’ da yıllara göre ThermoWood üretim miktarları verilmiştir. ThermoWood üretim miktarı 2001 yılında toplam 18799 m³ iken bu miktar 2019 yılında %1.071,26 artışla toplam 220186 m³ olmuştur. Üretim miktarında ki artışın sebebi olarak ThermoWood’un yaygınlaşması şeklinde yorumlanabilir.

1.1.2. Literatür Çalışmaları

Performans testlerinin kullanımı günümüzde artmaktadır çünkü ürünlerin hedeflenen işlevlerini yerine getirme yeteneklerini belirlemek için bu testler gereklidirler (Dai, 2007). Performans testleri, test edilen mobilyalar hakkında maksimum miktarda mühendislik tasarım bilgisi sağlar ve ayrıca ürünlerini pazarlamak için üretici bilgileri sağlar. Performans testleri aynı zamanda müşteriye mobilya satın alma bilgisi sağlar (Tu, 2010).

Çoğu mobilya arızası, tekrar tekrar kullanım sonucu oluşan yorgunluktan kaynaklanır. Bu nedenle Eckelman (1988b), döngüsel yük hızı, ilk başlangıç yükü, yük artışları ve her yük seviyesinde tamamlanacak döngü sayısı gibi sürecin kritik parametrelerini içeren döngüsel bir aşamalı yükleme yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem döşemeli mobilyaların değerlendirilmesi için federal hükümetin Genel Hizmetler İdaresi (GSA) tarafından

geliştirilen performans testi yöntemine döngüsel kademeli bir yük modeli olarak dahil edilmiştir.

Eckelman ve Zhang (1995), döşemeli mobilya koltuk çerçeveleri için altı farklı performans testi geliştirmiştir. Bunlar koltuk yükü temel testi, arkalık temel testi, arkalık çerçeve testi, yatay yan itme kolu yük testi, bacaklar için önden arkaya yük testi ve ayaklar üzerinde yatay yan itme testidir. Bu altı test, döşemeli mobilya çerçevelerinin en önemli mukavemet özelliklerini değerlendirir ve tasarımdaki zayıflıkları ve gizli kusurları belirlemek için eşit derecede etkilidir.

Ahşap esaslı kompozitlerde özellikle OSB'deki tek taraflı iki dar plaka birleştirme yerlerinde, takoz ve zimba yardımıyla oluşturulan birleştirme yerlerinin yorulma performansını belirlemeye yönelik araştırmalar minimum düzeyde olmuştur. Bu konuda OSB birleştirme yerleri ilgili bir çalışma bulunmuştur. Bulunan diğer çalışmalar ise kavela tipi ve metal plaka tipi bağlantılar gibi diğer bağlantı türlerindendir.

Wang vd. (2007a), birleştirme yerlerinin her iki tarafına simetrik olarak tutturulmuş bir çift veya iki çift metal plaka ile bağlanan T-tipi OSB birleştirme yerlerinin yorulma direncini incelemiştir. Bağlantı elemanları, tekrarlı yorulma yüklerine maruz bırakılmış ve sonuçlar statik direncin yorulma direncine oranının ortalama 2.5 olduğu göstermiştir.

Wang vd. (2007c), OSB'den üretilmiş birleştirme yerlerinin yorulma momenti kapasitesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, T-tipi, birleştirme yerlerinde, bir çift OSB plaka ile her iki tarafa simetrik olarak tutkallı veya tutkalsız zimbalanarak oluşturulan birleştirme yerleri devirli yorulma yüklerine maruz bırakılmıştır. Test sonuçları, statik direncin yorulma direncine oranının ortalama 2.1 olduğu göstermiştir.

Zhang vd. (2006), mobilya sınıfı çam kontrplaklardan üretilmiş T tipi, metal plaka bağlantılı (MPC) birleştirme yerlerinin yorulma performanslarını araştırmıştır. Her bir birleştirme yerlerinin, her iki tarafına simetrik olarak tutturulmuş iki özdeş metal plaka ile birleştirilmiş iki elemandan (büyük kayıt ve küçük kayıt) yapılmıştır. Tüm birleştirme yerleri tekrarlı yorulma yüklerine maruz bırakılmıştır. Statik momentin yorulma momentine oranı 2. 2 ile 3. 1 arasında olup, ortalama 2. 5 olarak bulunmuştur.

Zhang vd. (2003), mobilya sınıfı çam kontrplaktan üretilmiş iki kavelalı birleştirme yerlerinin yorulma dayanımını incelemiştir. Tüm birleştirme yerleri sabit ve tek taraflı tekrarlı devirli yorulma yüklerine maruz bırakıldı. Statik momentin geçen yorulma momentine oranı 2. 6 olarak bulunmuştur.

Zhang vd. (2001), durağan ve tekrarlı yorulma yüklerine maruz kalan T-tipi, iki pimli moment dirençli dübel birleştirme yerlerinin yorulma dayanım kapasitelerini araştırmıştır. Birleştirme yerlerinin yapımında Kırmızı meşe, Sarı kavak, kontrplak, Titrek kavaktan yapılmış lamine kereste (ESL) ve yonga levha test edilmiştir. Sonuçlar, belirli bir tekrarlı yorulma programına tabi tutulan kavela birleştirme yerlerinin yorgunluk ömrünün, M-N eğrilerine dayalı Palmgen-Miner kuralıyla tahmin edilebileceğini göstermiştir. Devirli yük testi sonuçları, Kırmızı meşe, Sarı kavak, kontrplak, ESL ve yonga levhadan üretilmiş birleştirme yerleri için statik momentin yorulma momentine oranlarının sırasıyla 1.9, 1.8, 1.6, 1.9 ve 2.1 olduğunu göstermiştir.

Bardak (2016), Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), Saplı Meşe (*Quercus robur*) ve Lamine ağaç malzemedan yapılan, çeşitli nanopartikül takviyeli Polivinil Asetat (PVAc) tutkalı ile üretilen T-tipi, lamba zıvanalı birleştirme elemanlarının yorulma dayanım kapasitelerini araştırmıştır. Birleştirme elemanları maksimum eğilme dayanımının % 50, %60, %70 ve % 80 oranında yorulma yüklerine maruz bırakılmıştır. Test sonuçlarına göre doğu kayını ile meşe odunundan yapılan birleştirme elemanlarının arasında istatistiksel anlamda fark olmamakla birlikte en yüksek dayanımı göstermişlerdir. En düşük yorulma dayanımını ise lamine ağaç malzemedan yapılan birleştirme elemanları göstermiştir.

Ebner ve Petutschnig (2006), oyuncak yapımında hammadde olarak ısıtılmış işlem görmüş kayın ağacının potansiyellerini ele almıştır. Doğal kayın ağacı yaygın bir oyuncak malzemesidir ve bu çalışmada ısıtılmış işlemli ve işlem görmemiş ağacın özellikleri karşılaştırılmıştır. Hareketli bileşenler arasındaki birleştirme yerlerini analiz etmek için numuneler geliştirilerek farklı iklim koşullarında test edilmiştir. Ayrıca, ahşap bileşenlerin boyutsal kararlılığını analiz etmek için numuneler geliştirilmiş ve değişen nem ve oda sıcaklığı seviyelerinde gözlemlenmiştir. Sonuçlar termal olarak işlem görmüş kayın ağacının ahşap oyuncak üretimi için umut verici bir malzeme olduğunu göstermektedir. Bu hammaddenin gelecekte oyuncak endüstrisinde kullanılacağı görülmüştür.

Diler vd. (2017), dış mekan mobilyalarının yapımında yaygın olarak kullanılan ısıtılmış işlem görmüş Sibirya çamı (*Pinus sibirica*), İroko (*Chlorophora excelsa*) ve Adi dişbudaktan (*Fraxinus excelsior*) yapılan T tipi mobilya birleştirme yerlerinin çekme kuvveti kapasitelerini karşılaştırmıştır. 3 ağaç türü, 2 işlem süreci (ısıtılmış işlem görmüş ve işlem görmemiş), 2 yapıştırıcı türü (poliüretan ve polivinil asetat), 2 birleştirme tekniği (lamba zıvana ve kavela) ve her koşulda 5 tekrardan oluşan toplam 120 numune test edilmiştir. Örneklerin yarısı ısıtılmış işlem görmüş ahşap malzemelerden yapılırken, geri kalan yarısı ısıtılmış işlem

görmemiş ahşap malzemelerden (kontrol numuneleri) hazırlanmıştır. Dişbudak ve İroko'dan yapılan birleştirme yerleri en yüksek çekme kuvveti kapasitesi değerlerini sergilemiştir. Genel olarak, ısıtılmış işlem görmüş ahşap malzemedan yapılan birleştirme yerlerinin, kontrol numunelerinden yapılan birleştirme yerlerine kıyasla çekme kuvveti kapasitesini % 25 azaltmıştır. Lamba zıvana birleştirme yerleri, kavelalı birleştirme yerlerine göre 4 kat daha yüksek performans sağlamıştır. Poliüretan yapıştırıcı, polivinil asetat yapıştırıcıdan daha iyi sonuçlar vermiştir. Isıl işlem görmüş ahşap malzemelerin en iyi çekme kuvveti kapasite değerleri, İroko-poliüretan lamba zıvana birleştirme yeri kombinasyonundan elde edilmiştir.

Kaygın vd. (2009), ısıtılmış işlem sonrası kütle kaybının Paulownia (*Paulowniaelongata*) ahşabının mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışma için üç farklı sıcaklık (160, 180 ve 200oC) ve sürelerde (3, 5 ve 7 saat) gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem sonrası ısıtılmış işlem görmüş numunelerin kütle kayıpları bulunmuş ve daha sonra Paulownia ahşabının mekanik özelliklerinden ne kadar etkilendiği belirlenmiştir. Sonuçlar, mekanik özelliklerin, kütle kaybına bağlı olarak azaldığını göstermektedir. Bulunan maksimum kütle kaybı 200 °C ve 7 saatte% 9,78 iken, basınç dayanımı, elastisite modülü, eğilme dayanımı ve darbe dayanımı sırasıyla yaklaşık % 17, 19, 78 ve 88 azalmıştır. Böylece ısıtılmış işlem sonrası Paulownia ağacında meydana gelen kütle kaybı mekanik özellikleri önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

Zor (2011), Karaçam (*Pinus nigra L.*), Sarıçam (*Pinus slyvestris L.*), Doğu ladini (*Picea orientalis L.*), İroko (*Choropher excelsa*) ve Adi dişbudak (*Fraxinus excelsior L.*) kullanılarak üretilmiş lamba zıvanalı T- tipi birleştirme yerleri üzerine ısıtılmış işlemin etkisini araştırmıştır. Eğilme dayanımı sonuçlarına göre, maksimum eğilme dayanımı İroko'dan(sert ağaç) üretilmiş kör zıvanalı ve sarıçamdan(yumuşak ağaç) üretilmiş açık zıvanalı birleştirme yerlerinde gözlemlenmiştir. Bahçe oturma mobilyası üretiminde kullanılan ısıtılmış işlem görmüş ahşap malzemenin hem çekme hem de eğilme dayanımları açısından mekanik performansı araştırılmıştır. Isıl işlem, ağaç ve birleştirme yerleri tipinin T-tipi lamba zıvana birleştirme yerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Genel olarak ısıtılmış işlem görmüş karaçam ile üretilen bahçe oturma mobilya yapıları için kör zıvanalı birleştirme yerleri kullanıma uygun bulunmuştur.

Ratnasingam ve Ioras (2013), ısıtılmış işlem görmüş kauçuk ağacından üretilen mobilya birleştirme yerlerinin yük taşıma özelliklerini incelenmiştir. Isıl işlem görmüş numunelerin, kontrol numuneleri olarak kullanılan geleneksel olarak fırınlanmış kauçuk ağacı numunelerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük yorulma direncine sahip olduğu

belirlemiştir. Kaçınılmaz olarak, ısıtıl işlem görmüş kauçuk ağacı mobilya birleştirme yerleri için tavsiye edilen üretim gerilimleri, mobilya performans standartlarına uygunluğunun sağlanması için ilgili eğilme dayanımlarının %40 ve 25'i olarak tavsiye edilmiştir. Bu rakamlar, geleneksel olarak fırında kurutulmuş birleştirme yerleri için izin verilen üretim gerilmelerinden çok daha düşüktür ve ısıtıl işlem görmüş malzemelerle çalışırken daha düşük bir güvenlik tolerans ihtiyacını yansıtır.

Tankut vd. (2014), T-tipi mobilya birleştirme yerlerinin eğilme direnci kapasitesini ve rijitliğini incelemiş ve ısıtıl işlemin, odun türlerinin ve farklı birleştirme yöntemlerinin bu birleştirme yerleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Isıtıl işlem yöntemi, bu çalışma için belirlenen ağaç türlerinin eğilme modülünü (MOR) ve elastisite modülünü (MOE) açıkça azaltmıştır. Ahşap numunelerin ısıtıl işleminden sonra kütle kaybı ile eğilme dayanımı azalmıştır. Isıtıl işlem görmüş T tipi birleştirme elemanları için, maksimum eğilme dayanımı değerleri Iroko'dan (*Chlorophora excelsa*) üretilmiş hem lamba zıvana hem de kör lamba zıvana birleştirmelerde elde edilmiştir. Eğilme dayanımındaki en düşük azalma, Adi dişbudak'tan (*Fraxinus excelsior L.*) üretilen lamba zıvana ve kör lamba zıvana birleştirme yerlerinde gözlenmiştir. Genel olarak, kör lamba zıvana birleştirme yerleri lamba zıvana birleştirme yerlerinden daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Isıtıl işlem, ahşap tipi ve birleştirme yerleri tipi, T-tipi lamba zıvana birleştirme yerlerinin eğilme dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucu ısıtıl işlem görmüş İroko ağacından üretilen kör lamba zıvana birleştirmeler, dış mekân oturma mobilyası yapımı için en dayanıklı T-tipi birleştirme yeri olarak kabul edilebilir.

Bal (2014), 140, 170 ve 200 ° C sıcaklıklarda 3 saat süreyle işlenmiş genç ve olgun karaçam ağacının test örneklerini araştırmıştır. Her bir örneğin kütle kaybı, yoğunluğu, eğilme direnci (MOR), elastiklik modülü ve şok direnci (IB) belirlenmiştir. Testlerin amacı, üç farklı sıcaklıkta ısıtıl işlemin genç ve olgun ağaç malzemenin özelliklerini nasıl etkilediğini belirlemektir. Sonuçlar ısıtıl işlemin genç ağaç malzemenin eğilme direnci, elastiklik modülü ve şok direnci üzerinde olgun ağaçtan daha az etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, ısıtıl işlemin genç ve olgun karaçam odununun özellikleri üzerinde farklı etkileri olduğunu açıkça göstermiştir.

Kol vd. (2015), ThermoWood yöntemi ile 170, 180, 190 ve 212 °C sıcaklıklarda 2 saat boyunca ısıtıl işlem görmüş Gökmar (*Abies nordmanniana subsp.*) odunun bazı mekanik ve fiziksel özelliklerini belirlemiştir. Sonuçlar fırında kurutulmuş kontrol numuneler ile karşılaştırıldı. Sonuç olarak ısıtıl işlem sıcaklığının artmasına bağlı olarak eğilme direnci

(MOR) düştükçe, liflere paralel basınç dayanımı ve elastiklik modülü artmıştır. Ayrıca işlem sıcaklığı arttığında denge nem içeriği azalmıştır. Diğer yandan boyutsal kararlılıkta önemli bir artış olduğu görülmüştür.

Kuzman vd. (2015), ısıtılma işleminin, yine ısıtılma işlemle muamele edilmiş ve edilmemiş Kayın (*Fagus sylvatica* L.) ve Ladin (*Picea abies* L.) ağaçlarından üretilen kutu ve çerçeve tipi köşe birleştirme yerlerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Ahşap levhalar, ilk vakumla işleme sürecinde 190 ve 210 ° C'de 3 saat süreyle ısıtılma işlemine tabi tutuldu. Isıyla muamele edilmiş ve edilmemiş levhalardan mobilya üretiminde kullanılan kutu ve çerçeve tipi köşe birleştirme yerleri kavela ve yabancı çıta bağlantıları kullanılarak hazırlanmıştır. Kavela bağlantıları, yabancı çıta bağlantılarına göre daha yüksek eğilme direncine sahip olduğu görülmüştür.

Perçin (2016), ısıtılma işlem görmüş ve güçlendirilmiş lamine kaplama kereste (RLVL) içindeki vidaların radyal, teğetsel ve enine yönlerde çekme direncini belirlemiştir. Bu nedenle lamine kaplama kereste (LVL) ve karbon lifli RLVL'leri, yapıştırıcı olarak fenol formaldehit kullanılarak ısıtılma işlem görmüş Meşe (*Quercus petraea* (Liebl.) kaplamalarından üretmiştir. Ahşap numuneler, 140, 170, 200 ve 230 ° C'de 2 saat süreyle ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre LVL'nin vida çekme dayanımı değerleri ısıtılma işlem görmüş örnekler için 140 ° C'de artarken, 170, 200 ve 230 ° C'de azalmıştır. Bununla birlikte, tüm gruplarda, RLVL'nin vida geri çekme gücü değerleri, LVL'ninkinden daha yüksekti. En yüksek vida çekme dayanımı değerleri teğet yönde, en düşük olanlar ise enine yönlerde belirlenmiştir. Birçok farklı endüstride kullanılmak üzere yeterli vida çekme mukavemeti sağlamak için ısıtılma işlem görmüş ahşap kaplamalar arasında karbon fiber kullanılabilir.

Georgescu ve Bedeleian (2017), ısıtılma işleminin uçtan uca birleştirme yerlerinin basınç ve çekme mukavemeti üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Birleştirme yerleri hem kontrol hem de ısıtılma işlem görmüş Dişbudak (*Fraxinus excelsior*) odunlarından hazırlanmıştır. Isıtılma işlem görmüş ağaç malzemelerden üretilen uç uca birleştirme yerlerinin, kontrol örneklerinden yapılmışlara kıyasla hem basınç hem de çekme mukavemeti için daha düşük bir dirence sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kavela uzunluğunun birleştirme yerlerinin basınç ve çekme dayanımı üzerine, kavelalar arasındaki mesafe ve kavela penetrasyon oranından daha fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu çalışma sonucu hem ısıtılma işlem görmüş ahşap birleştirme yerlerinin hem de kontrol örneklerinden yapılmış birleştirme yerleri için kavelaların yerleştirilmesi için en uygun çözüm önerilmiştir.

1.1.3. Çalışmanın Amacı

Yapısal ve doğal bir malzeme olarak ahşap, iç ve dış mekan uygulamalarında yüzyıllardır kullanılmaktadır. Son zamanlarda, artan bir çevre bilinci ile sınırlı miktarda olan orman ürünlerinin ömrünü çevre dostu bir yöntemle arttırmak için üretilen ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemenin kullanımı artırılmıştır. Isıtma işlemi, ahşabın boyutsal kararlılığını ve dayanıklılığını artırmak için etkili bir yöntemdir (Kol vd., 2015). 160 ° C'nin üzerinde ağaç malzemeyi ısıtma işlemi tabii tutmak, ağaç malzemedeki dayanıklılığın artmasına neden olur (Metsa-Kortelainen ve Viitanen, 2009; Candelier vd., 2013a), ve ahşap daha koyu renkli bir hal alır (Ahajji vd., 2009). Bu tür iyileştirmeler kaplama, doğrama ve birleştirme işlemlerinde kayın, dişbudak, kavak veya meşe diri odunun kullanılmasını mümkün kılar (Hannouz vd., 2015).

Isıtma işlemi sırasında odunun yapısında meydana gelen kimyasal değişiklikler odunun dayanımını ve sertlik özelliklerini etkilemektedir (Kocaefe vd., 2008; Candelier vd., 2013b). Bundan dolayı odunun yapısının mekanik dizilimi ısıtma işlemi sonrası bozulmaktadır. Ayrıca ısıtma işlemi ağaç malzemenin anatomik yapısını değiştirmektedir (Hannouz vd., 2015; İçel vd., 2015; Esteves vd., 2009). Ancak Boonstra (2008), optimize edilmiş koşullar altında iki aşamalı ısıtma işlemi ile dişbudak odununda herhangi bir hasar oluşmadığını fark etmiştir.

Isıtma işlemi görmüş ağaç malzeme dış cephe kaplaması, pencere ve kapı doğramaları, paneller, bahçe mobilyaları, sauna mobilyaları, döşeme ve zemin kaplaması vb. gibi bir dizi uygulama alanı bulmuştur (Yıldız vd., 2006; Özçifçi vd., 2009; Viitaniemi, 2000). Isıtma işlemi görmüş ağaç malzemenin mekanik özellikleri, ağaç malzemenin performansı için hayati önem taşımaktadır.

Yüksek maliyetine rağmen, ısıtma işlemi son yıllarda Güney Doğu Asya bölgesinde mobilya üretimi için yaygın kullanılan hızlı büyüyen plantasyon ağaç türleri için tercih edilen bir modifikasyon haline gelmiştir. Isıtma işleminin ağaç malzeme özellikleri üzerine etkisi iyi belirlenmiş olmasına rağmen (Yıldız vd., 2006; Gündüz vd., 2008), ısıtma işlemi görmüş ahşabın yorulma dayanımı üzerine çalışmalar yok denecek kadar azdır. Mobilyada yorulma sonrası oluşan performans düşüklüğü en yaygın görülen bir yıkımlanma biçimi olduğundan, bu testler mobilyayı oluşturan birleştirme yeri ve diğer bileşenler için malzeme seçiminde çok önemli bir yer tutmaktadır. (Ratnasingam vd., 1997). Bununla birlikte, mobilya üretimi için tasarım gereklilikleri hakkında ağaç malzemeye ait çeşitli malzeme raporları mevcutken (Eckelman vd., 2001; Ratnasingam ve Ioras 2011a, b), ısıtma işlemi görmüş ağaç malzemeye

ait bu bilgiler sınırlı sayıdadır. Sonuç olarak, ısıt işlem görmüş ağaç malzemenin yük taşıyıcı malzeme olarak mobilya üretiminde kullanılması sınırlandırılmıştır ya da engellenmiştir.

Mobilya yapımında en çok kullanılan birleştirme yerlerinden biri L tipi birleştirmelerdir. Bu tip birleştirme yerleri, kolay işlenmeleri sebebiyle çok tercih edilirler (Negreanu, 2003). Bu tip birleştirme yerlerinin ebatlandırılması ya da ölçülendirilmesi literatürdeki mevcut önerilere dayanmaktadır (Curtu, 1988; Cismaru, 2009). Bu öneriler masif ahşap için geliştirilen çalışmalara dayanmaktadır. Isıt işlem görmemiş ağaç malzeme ısıt işlemli ağaç malzemeye göre üstün mekanik özelliklere sahiptir (Georgescu, 2017) ancak mobilya üretiminde ısıt işlemli malzemeler için bu dezavantaj imalat ve kullanım yerinde dayanım sıkıntısı oluşturabilir. Bu zamana kadar ısıt işlem görmüş ve görmemiş ağaç malzemelerin karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmalar hep statik testler üzerinden yapılmıştır. Sonuç olarak statik ölçümler sonrası ısıt işlem görmüş ağaç malzeme direnç özellikleri bakımından ısıt işlem görmemiş ağaç malzemeye göre daha düşük performans göstermiştir. Diğer taraftan ısıt işlem görmüş ağaç malzemenin yorulma yükleri altındaki performansını inceleyen çalışmalar yok denecek kadar azdır. Özellikle zımbalarla birleştirilmiş ve masif odundan elde edilmiş mobilya birleştirme yerlerinin devirli yorulma testi üzerine yapılan bir çalışma belki de mevcut değildir. Bu çalışma, ısıt işlem görmüş ağaç malzemelerin mekanik özelliklerinin ısıt işlem görmemiş ağaç malzemeye göre yorulma testi sonrası performanslarını incelemiştir.

Isıt işlem boyutsal kararlılık, biyolojik dayanıklılık ve odunun bazı özelliklerini geliştiren kabul görmüş bir metottur (Kamdern vd., 2002). Isıt işlem görmüş ahşap malzemelerin üst düzey tasarım alanında dış ve iç mekân mobilyaları kullanımı her geçen gün artmaktadır. Zimba gibi metal bağlantılar mobilya iskeletleri imal etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Isıt işlem mobilya birleştirme yerlerinin mekanik özelliklerini azaltmasına rağmen (Tankut vd., 2014), bu azalım uygun imalat yöntemleri ile üretilen iç mekân veya bahçe mobilyalarına ait birleştirme yerlerinde en aza indirilebilir. Bu araştırmanın amacı; yorulma testi sonrası ısıt işlem görmüş mobilya birleştirme yerlerinin performansları değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, kontrol ve ısıt işlemli olmak üzere iki farklı işlemli, sarıçam ve dişbudak olmak üzere iki farklı ağaç malzemedan üretilmiş zimba bağlantılı L-tipi takozlu birleştirme yerlerinin statik ve yorulma performansları değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın detaylı hedefleri şunlardır: 1) farklı ağaç malzemelerden üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin statik eğilme direncini değerlendirmek ve

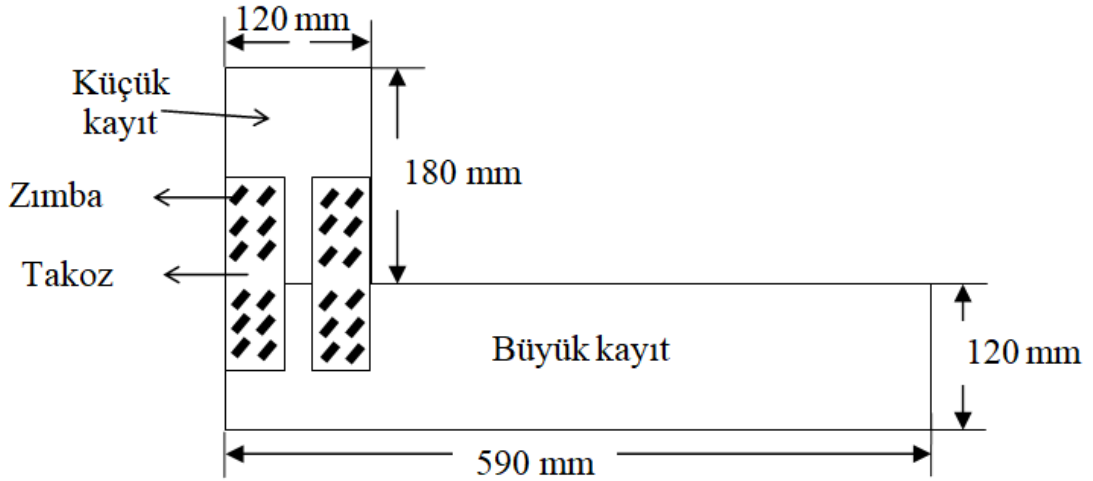
karşılaştırmak; 2) farklı ahşap malzemelerden yapılmış olan L-tipi birleştirme yerlerinin yorulma dirençlerini GSA kol testi yükleme programlarına tabi tutarak değerlendirmek; 3) Isıl işlem görmüş ve görmemiş L-tipi birleştirme yerlerinin statik ve yorulma performanslarını karşılaştırmak.



2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu tez çalışmasında Novawood ve Naswood Firmalarında sırasıyla temin edilmiş 212° C sıcaklıkta 2 saatte hazırlanmış ısıtılmış ve kontrol dişbudak ve sarıçam odunlarından üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin statik ve yorulma yükleri altındaki performansları incelenmiş ve kıyaslanmıştır. Bu çalışma için hazırlanan L tipi birleştirme yerlerine ait genel bir konfigürasyon Şekil 3' te gösterilmiştir. Her bir birleştirme yeri, bir küçük kayıt bir büyük kayıt ve bunların bir tarafının üst ve alt kısmına zımbalanan iki takoz plaka ile birleştirilmesinden oluşmaktadır. Her iki kayıta sarıçam ve dişbudak odununun kontrol ve ısıtılmış versiyonlarından oluşmaktadır. Takoz plakalar kayın odununda üretilmiştir. Tablo 7'de bu çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin yoğunluklarını ve rutubet değerlerini göstermektedir.



Şekil 3. L-tipi birleştirme yerine ait tipik bir konfigürasyon

Tablo 7. Ağaç malzemelerin yoğunluk ve rutubet değerleri

Malzeme Türü	Yoğunluk (g/cm ³)	Rutubet (%)
Sarıçam	0,491	10,9
Isıl İşlemli Sarıçam	0,364	4,37
Dişbudak	0,778	9,85
Isıl İşlemli Dişbudak	0,674	3,48
Kayın	0,54	12

2.1.1. Deney Tasarımı

L tipi birleştirme yerlerine ait moment kapasitesi üzerine faktörlerin önemini değerlendirmek için her grup başına 5 tekrarlı 2×2×2 faktörlü bir SAS istatistiksel analiz yapılmıştır. Faktörler zımba sayısı (6 ve 8), kimyasal modifikasyon türü (kontrol ve ısıtılmış) ve ağaç türü (sarıçam dişbudak) olarak belirlenmiştir.

2.1.2. L-tipi Birleştirme Yerleri

L tipi birleştirme yerleri bir büyük ve bir küçük olmak üzere iki elemanın birleşiminden oluşmaktadır. Bu iki eleman, birleştirme yerinin bir tarafına tutturulmuş bir çift takoz plaka ile bağlanmıştır. Takoz plakalar kayın (*Fagus orientalis*) odunundan üretilmiştir. Büyük kayıtlar 590 mm uzunluğunda, 120 mm genişliğinde, 18 mm kalınlığında iken küçük kayıt 180 mm uzunluğunda, 120 mm genişliğinde, 18 mm kalınlığındadır (Şekil 3). Büyük kayıt ve küçük kayıtlar sarıçam ve dişbudak odunlarının kontrol ve ısıtılmış versiyonlarından ayrı ayrı üretilmiş olup eğilme testi için toplamda 40 örnek hazırlanmıştır. Örneklerin boyutları TKR-45 daire testere makinesinde hazırlanmıştır. Takoz plakalar 152 mm uzunluğunda ve 52 mm genişliğinde olup bu takoz plakaların birleştirmesinde kullanılan zımba sayıları 6'şar ve 8'erden olup bir birleştirme yerinde toplamda sırasıyla 24 ve 32 zımba kullanılır. Zımba SENCO-16 marka olup galvaniz kaplıdır ve bacak uçları keski tipindedir. Zımbaların taç genişliği 11 mm'dir ve bacak uzunlukları 38 mm'dir. Zımbalar paslanmayı önlemek amaçlı nitro-selüloz esaslı plastik ile kaplanmıştır (Sencote kaplama).



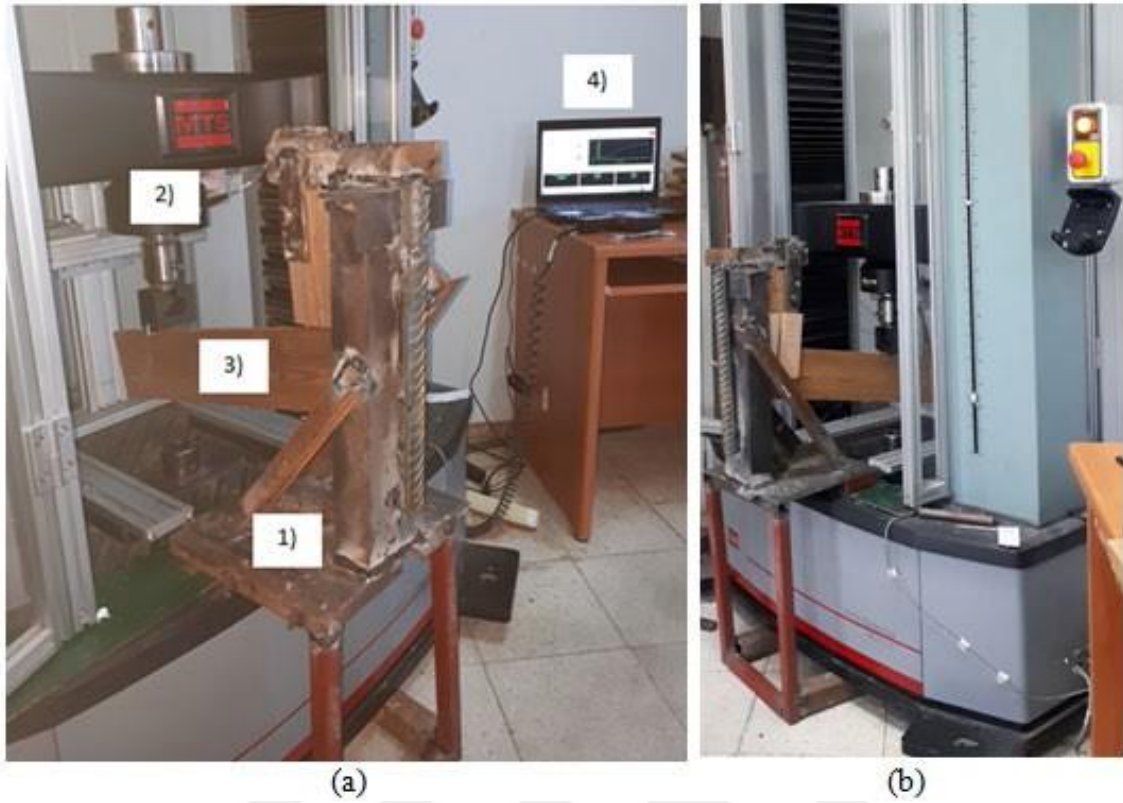
Şekil 4. L-tipi birleştirme yerleri: a) Sarıçam kontrol örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, b) Isıl işlemli sarıçam örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, c) Dişbudak kontrol örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, d) Isıl işlemli dişbudak örneklerinden üretilmiş 6 zımbalı birleştirme yerleri, e) Sarıçam kontrol örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri, f) Isıl işlemli sarıçam örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri, g) Dişbudak kontrol örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri, h) Isıl işlemli dişbudak örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri

Şekil 4 bu tez çalışmasının statik eğilme testi için hazırlanmış tüm L-tipi birleştirme yerlerinin görüntülerini göstermektedir. Her bir grup 5 tekrardan oluşmaktadır. Bütün örnekler test öncesi iklimlendirme odasında $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ve $65\% \pm 5\%$ bağıl nem şartlarında dinlendirilmiştir. Zimbalar zimba tabancası ile birleşen elemanların birbirine tutunmasını sağlayan takoz plakalara 483 kpa basınçla uygulanarak birleştirme yerleri oluşturulmuştur. Zimbalar takoz plakaların lif yönüne zimba baş kısmının 45 açıyla en iyi tutunmasını sağlayacak şekilde uygulanmıştır. Bütün L-tipi birleştirme yerleri zimbayla oluşturulan birleştirme işleminin hemen ardından statik eğilme testine tabi tutulmuştur.

2.2. Metot

2.2.1. Statik Eğilme Testi

Statik eğilme testi için hazırlanan örnekler hidrolik MTS universal test makinesinde 2,5 mm/min yükleme hızında ASTM D 1761 (ASTM 2010) standardına göre gerçekleştirilmiştir. L-tipi birleştirme yerlerinin eğilme testi için MTS universal makinesine yerleştirilmesi Şekil 5’te gösterilmiştir. Yükleme büyük kayıt üzerine olup küçük kayıttan 360 mm uzaktan olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Yüklemeyi başlatamadan önce yük başlığı (hücresi) ile birleştirme yerinin yüklenen kısmı arasında boşluk kalmayacak şekilde kalibre edilmiştir. L-tipi birleştirme yerlerinin oluşturan kayıtlar birbirinden ayrılana kadar yani birleştirme yeri yıkımlanana kadar yüklemeler devam etmiştir. Eğilme testi sonunda maksimum yük, L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri kaydedilmiştir.



Şekil 5. L-tipi birleştirme yerlerinin eğilme testi için MTS universal makinesine yerleştirilmesi: a) Soldan görünüş, 1) L-tipi birleştirme yerinin yerleştirildiği platform, 2) Yükleme başlığı, 3) Test edilen birleştirme yeri, 4) Yüklemenin takip edildiği bilgisayar; b) sağdan görünüş

2.2.2. Yorulma Testi

Çalışmanın bu kısmında tüm L-tipi birleştirme yerleri Amerikan Genel Hizmet İdaresine ait (General Service Administration, GSA) koltuk test planının dışa doğru kol testi temel alınarak tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuştur (GSA, 1998).

2.2.2.1. Deney Tasarımı

Tablo 7’de tekrarlı ve yük adımli koltuk iskeletinin kolu için GSA planında belirtilen yorulma yükü değerleri verilmiştir. Bu plana göre üç servis grubu olup bunlar hafif, orta ve ağır şeklinde olup bu servis grupları için kabul değerleri sırasıyla 75, 150 ve 200 pound (lb.) tur. Bu değerler kilogram olarak sırasıyla 34, 68 ve 91 kg’dır.

Tablo 8. GSA tekrarlı ve adımlı yorulma yüklemesi planı

Loads (lb.)	50	75	100	125	150	175	200
Loads (kg)	23	34	45	57	68	79	91
No.of cycles	25,000	50,000	75,000	100,000	125,000	150,000	175,000
Service A-L		Light			Medium		Heavy
Static M load		150			300		400

2.2.2.2. Yorulma Test Sistemi

L-tipi birleştirme yerleri için tekrarlı yorulma testi için Şekil 6'da gösterilen özel tasarlanmış 50×50 mm profil kare kesitli borulardan üretilen metal bir iskelete yerleştirilmiş 4 adet hava silindirleriyle oluşan test sisteminde gerçekleştirilmiştir. Tüm testlerde, her bir birleştirme yerinin büyük kayıtının üzerine küçük kayıttan 360 mm uzaklığında bir hava silindiri tarafından dakikada 20 devir hızında dikey bir yorulma yükü uygulanmıştır. Yükleme programı Tablo 7'de verilmiştir. Testler 23 kg yük seviyesinde başlatılmış ve 25.1 devirden sonra, yük 11 kg artırılarak bir sonraki yükleme adımına geçilmiştir. Bir sonraki adımda birleştirme yeri 25.000 devir daha yorulma yüküne tabi tutulmuş ve söz konusu devir tamamlandığında yük artırılarak yorulma testi sürdürülmüş ve birleştirme yeri uygulanan yük altında başarısız olana kadar yüklemeye devam edilmiştir. Yükleme sisteminde bulunan sayaç sayesinde örneğin kaç bin devire kadar dayandığı gözlemlenebilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 6. L-tipi birleştirme yerlerine ait tekrarlı yorulma yapıldığı sistem:
a) önden; b) çaprazdan görünüş

Şekil 6’da tüm L-tipi birleştirme yerlerinin tekrarlı yorulma yüklemelerine tabi tutulduğu sistem görülmektedir. Yorulma test sistemi MAC marka dört adet hava pistonu, bir hava valfi, hava kompresörü, regülatör, yük devir sayacı, zamanlama sayacı ve 8 mm çapında havayı taşıyan hortumlardan oluşmaktadır. Sistem kompresörden gelen havayı hortumlar yardımıyla pistonlara taşıyarak L- tipi birleştirme yerleri üzerinde yük etkisi oluşturulmasıyla görevini gerçekleştirir. Zamanlama sayacı sistemin kaç saat çalışacağını ayarını yaparken, yük devir sayacı örnek üzerine ne kadar yük uygulandığının okunmasında yardımcı olur. Şekil 7’de yorulma test sistemindeki sayaçları göstermektedir.

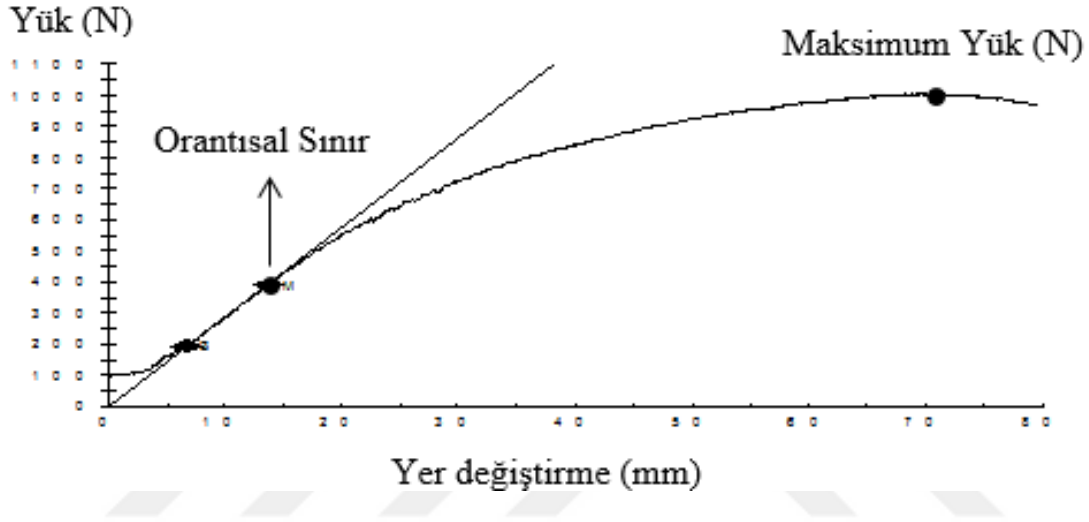


Şekil 7. a) Zamanlama sayacı; b) yük devir sayacı

3. BULGULAR

3.1. Statik Eğilme Testi

3.1.1. Yük ve Yer değiştirme Grafiği



Şekil 8. L tipi birleştirme yerlerine ait tipik bir yük-yer değiştirme eğrisi

Şekil 8’de, L tipi birleştirme yerlerine ait tipik bir yük-yer değiştirme eğrisini göstermektedir. L tipi birleştirme yerini yüklerken, işlemin başında, doğrusallık (oransal sınır) sınıra kadar artan bir yükleme meydana gelmiştir. Doğrusallık sınırın ötesinde, maksimum yükleme noktasına kadar düşük oranlı bir yükleme gerçekleşmiştir. Maksimum noktadan sonra yükleme kademeli olarak azalmıştır. L tipi birleştirme yerlerine ait yük-yer değiştirme eğrileri, tek sıra ve iki sıra dikey olarak hizalanmış çok zımbalı birleştirme yerlerinin eğrilerine benzemektedir. Bu çalışma kapsamında çift sıra 6 ve 8 zımbalı sarıçam ve dişbudak örneklerinden oluşturulmuş L-tipi birleştirme yerlerine ait maksimum eğilme direnç değerleri ve ortalama değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

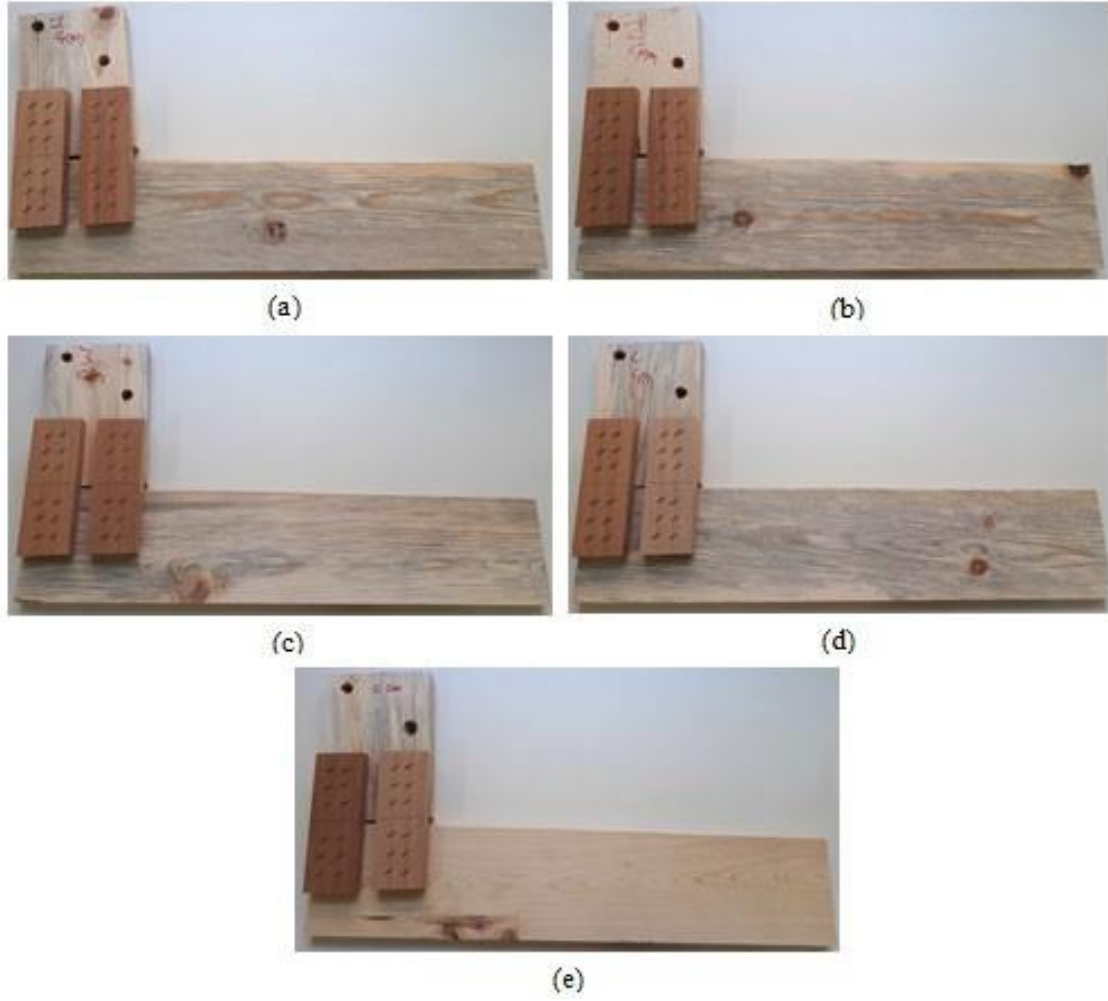
Tablo 9. Sarıçam ve dişbudak örneklerinden oluşturulmuş 6 ve 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait N cinsinden maksimum eğilme direnç değerleri ve ortalamaları

Örnek No	Zimba Sayısı							
	6				8			
	Sarıçam kontrol	Sarıçam ısıtıl işlemli	Dişbudak kontrol	Dişbudak ısıtıl işlemli	Sarıçam kontrol	Sarıçam ısıtıl işlemli	Dişbudak kontrol	Dişbudak ısıtıl işlemli
1	1092	780	2096	1237	1199	1372	2758	1527
2	960	917	2164	1531	1374	1086	2429	1554
3	1004	1049	1726	1415	1355	1312	2672	1550
4	933	1115	1660	1376	1342	1518	2579	981
5	1063	843	1939	957	1333	1168	2707	1383
Ortalama(N)	1010(7)	941(15)	1917(12)	1303(17)	1321(5)	1291(13)	2629(5)	1399(17)

Tablo 8’deki değerlere bakıldığında sarıçam kontrol örneklerinde elde edilen 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değeri yine aynı zimba sayısında ısıtıl işlemli sarıçam örneklerinden üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Benzer şekilde dişbudak kontrol örneklerinde elde edilen 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değeri yine aynı zimba sayısında ısıtıl işlemli dişbudak örneklerinden üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Tablodan görüldüğü gibi 8 zımbalı birleştirme yerlerinde de durum benzerdir. Buna göre sarıçam kontrol örneklerinde elde edilen 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değeri yine aynı zimba sayısında ısıtıl işlemli sarıçam örneklerinden üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Benzer şekilde dişbudak kontrol örneklerinde elde edilen 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değeri yine aynı zimba sayısında ısıtıl işlemli dişbudak örneklerinden üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinden daha yüksek çıkmıştır.

3.1.2. Statik Eğilme Testi Sonucu Oluşan Ayrılma Biçimleri

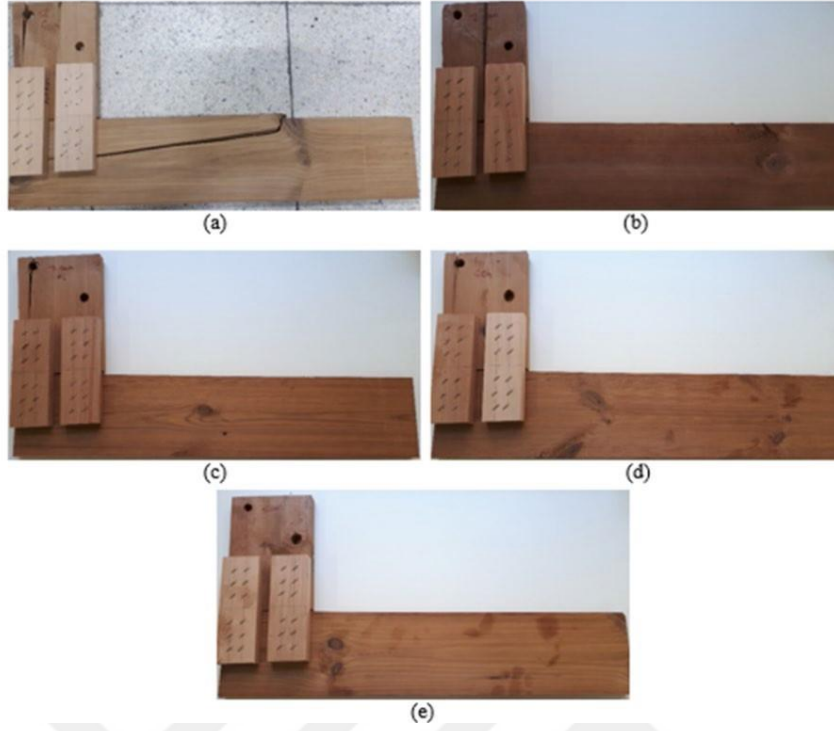
Şekil 9 eğilme direnci testi sonrası sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 9. Eğilme direnci testi sonrası sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 9’da gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıtn büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemeden çıkması ve küçük kayıtn üstteki delik kısmından çatlaması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Çatlama sebebi olarak deliğin konumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Deliğin köşede olmasından dolayı malzemenin dayanımını azalttığı ve bunun sonucu olarak çatlakların meydana geldiği düşünülmektedir. Bu sebeple asıl ayrılma biçimi olarak özellikle içteki takoza bağlı zımbaların malzemeden çıkması şeklinde gerçekleşmiştir.

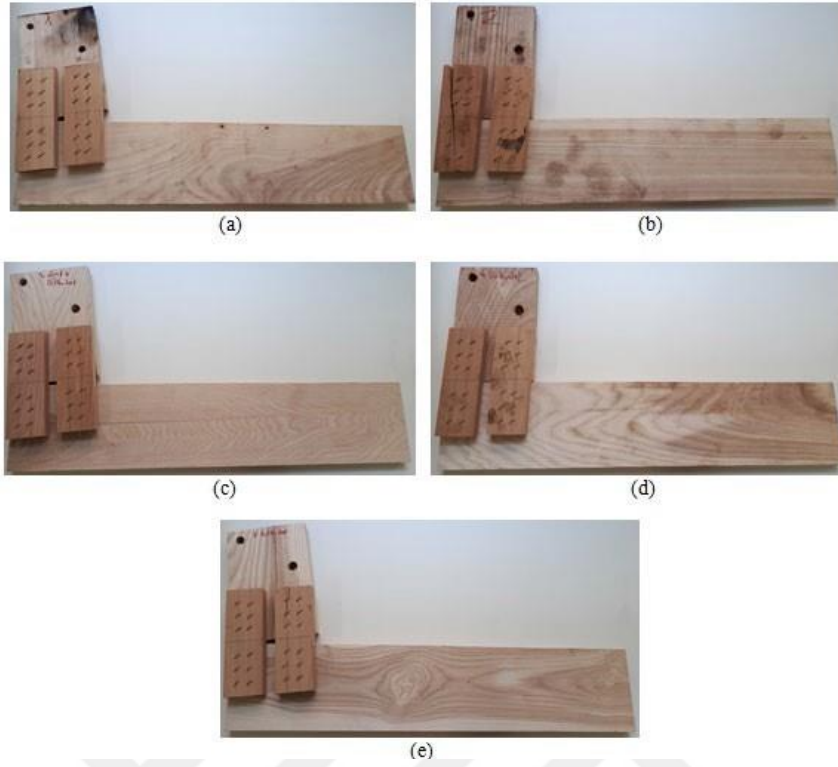
Şekil 10’da eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış sarıçam örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 10. Eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış sarıçam örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 10’da gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıta büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemeden çıkması, küçük kayıtın üstteki delik kısmından çatlaması ve büyük kayıta çatlama olması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Küçük kayıta oluşan çatlama sebebi olarak deliğin konumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Deliğin köşede olmasından dolayı malzemenin dayanımını azalttığı ve bunun sonucu olarak çatlakların meydana geldiği düşünülmektedir. Büyük kayıta oluşan çatlama sebebi ise odun kusurlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. (1 nolu birleştirme yerinin budaktan dolayı büyük kayıtın çatlaması). Bu sebeple asıl ayrılma biçimi olarak özellikle içteki takoza bağlı zımbaların malzemeden çıkması şeklinde gerçekleşmiştir.

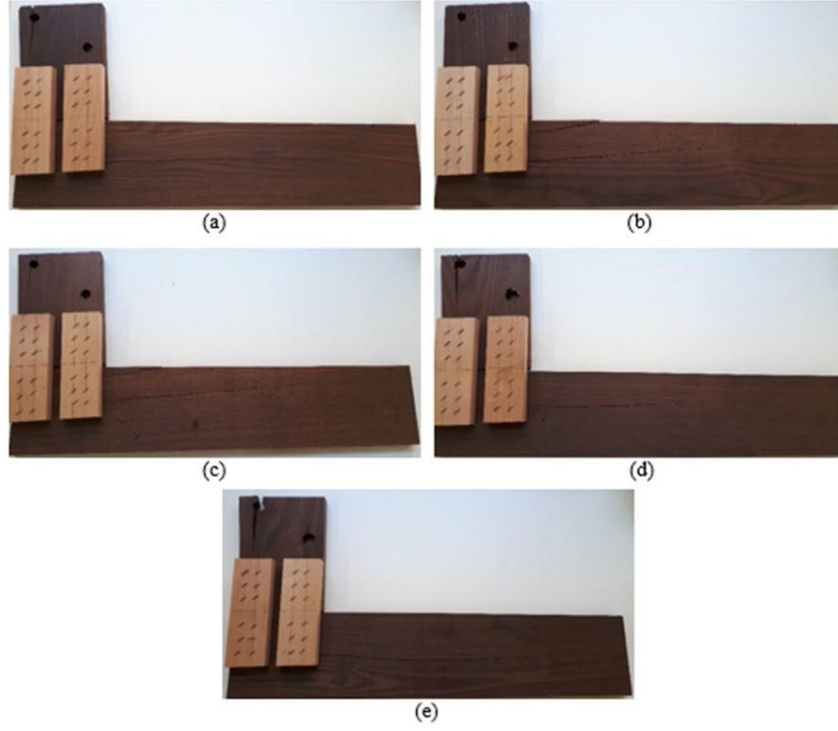
Şekil 11’de eğilme direnci testi sonrası dişbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 11. Eğilme direnci testi sonrası dişbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 11’de gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıtın büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zimbaların malzemeden çıkması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Ayrıca 2 (b) ve 5 (e) nolu birleştirme yeri takozlarında çatlamlar ve 3 nolu birleştirme yerinin küçük kayıtında çatlamlar gözlemlenmiştir. Küçük kayıta oluşan çatlama sebebi olarak deliğin konumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Deliğin köşede olmasından dolayı malzemenin dayanımını azalttığı ve bunun sonucu olarak çatlakların meydana geldiği düşünülmektedir. Ancak genel ayrılma biçimi olarak özellikle içteki takozla bağlı zimbaların malzemeden çıkması şeklinde gerçekleşmiştir.

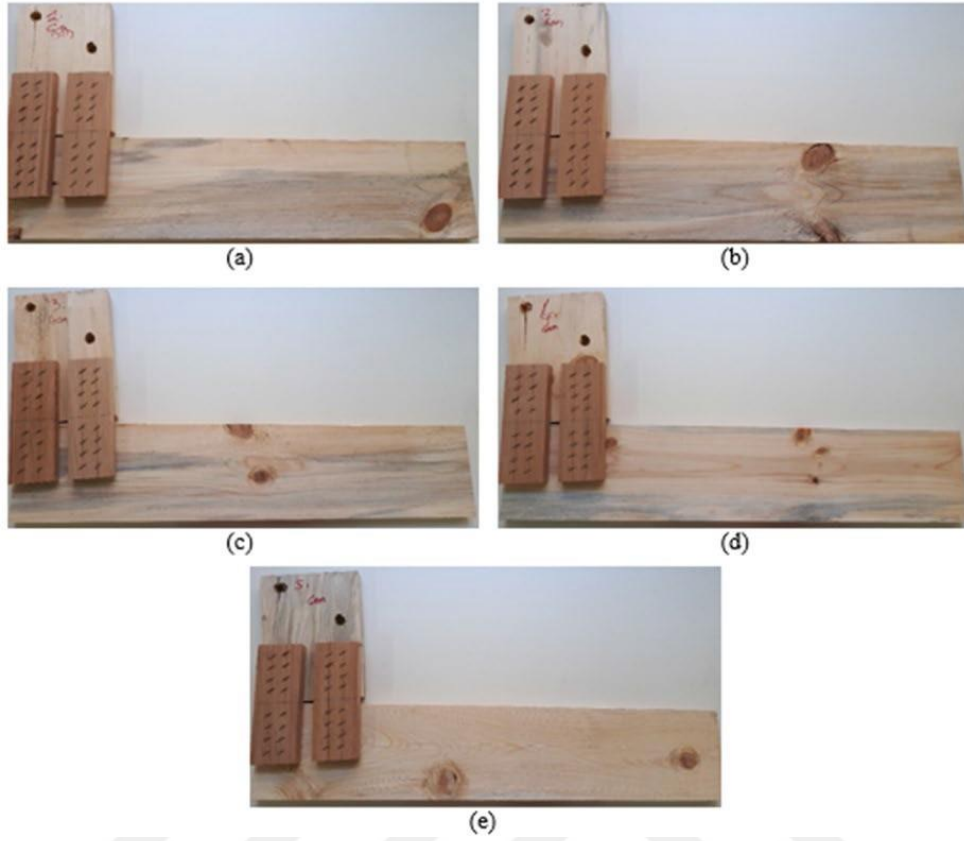
Şekil 12’de eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış dişbudak örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 12. Eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış dişbudak örneklerinden elde edilmiş çift sıra 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 12’de gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıta büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemeden çıkması ve büyük kayıta çatlama olması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Ayrıca 2 nolu birleştirme yeri hariç diğer birleştirme yerlerinin tamamında küçük kayıta üstteki delik kısmında çatlama meydana gelmiştir. Büyük kayıta oluşan çatlama sebebi ise ısıtılmış işlem sonrası malzemede meydana gelen mekanik zayıflık olarak düşünülebilir (Yıldız vd., 2006; Mburu vd., 2008; Esteves ve Pereira, 2009).

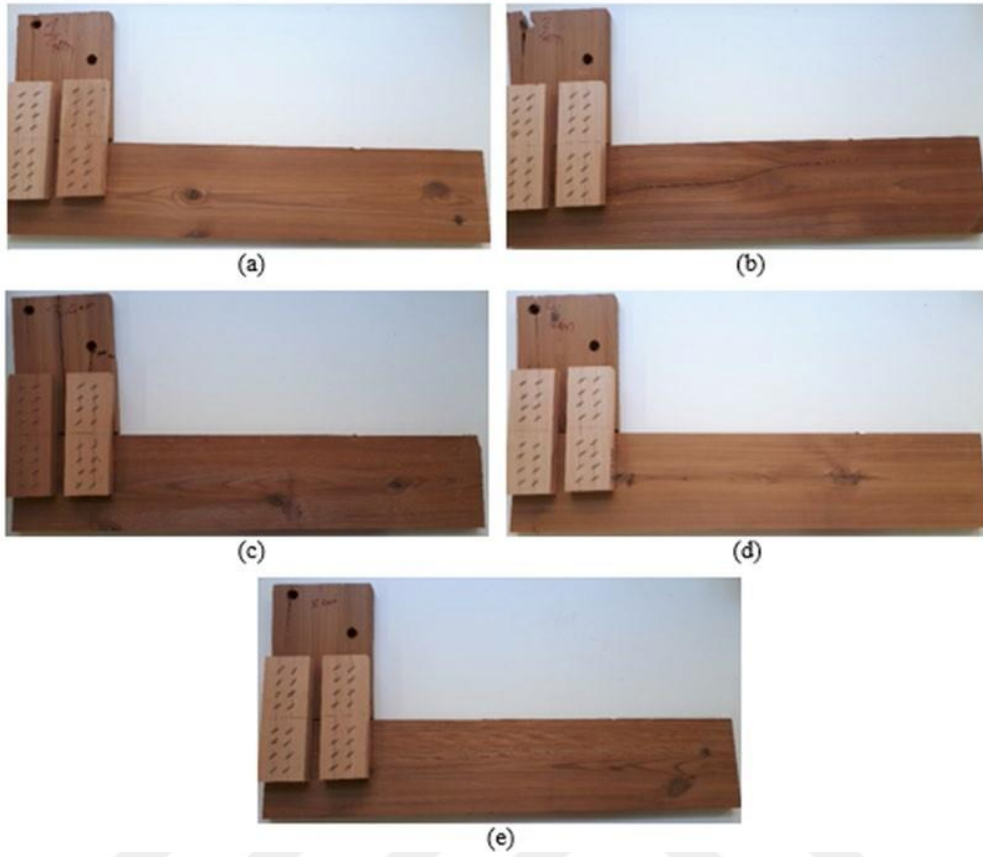
Şekil 13’te eğilme direnci testi sonrası sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 13. Eğilme direnci testi sonrası sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 13'te gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıtn büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemeden çıkması ve küçük kayıtn üstteki delik kısmından çatlaması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Ayrıca 3 nolu birleştirme yerinde büyük kayıta çatlamalar gözlemlenmiştir. Büyük kayıta oluşan çatlama sebebi ise odun kusurlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Genel olarak asıl ayrılma biçimi olarak özellikle sağdaki (iç kısımdaki) takoza bağlı zımbaların malzemeden çıkması şeklinde gerçekleşmiştir.

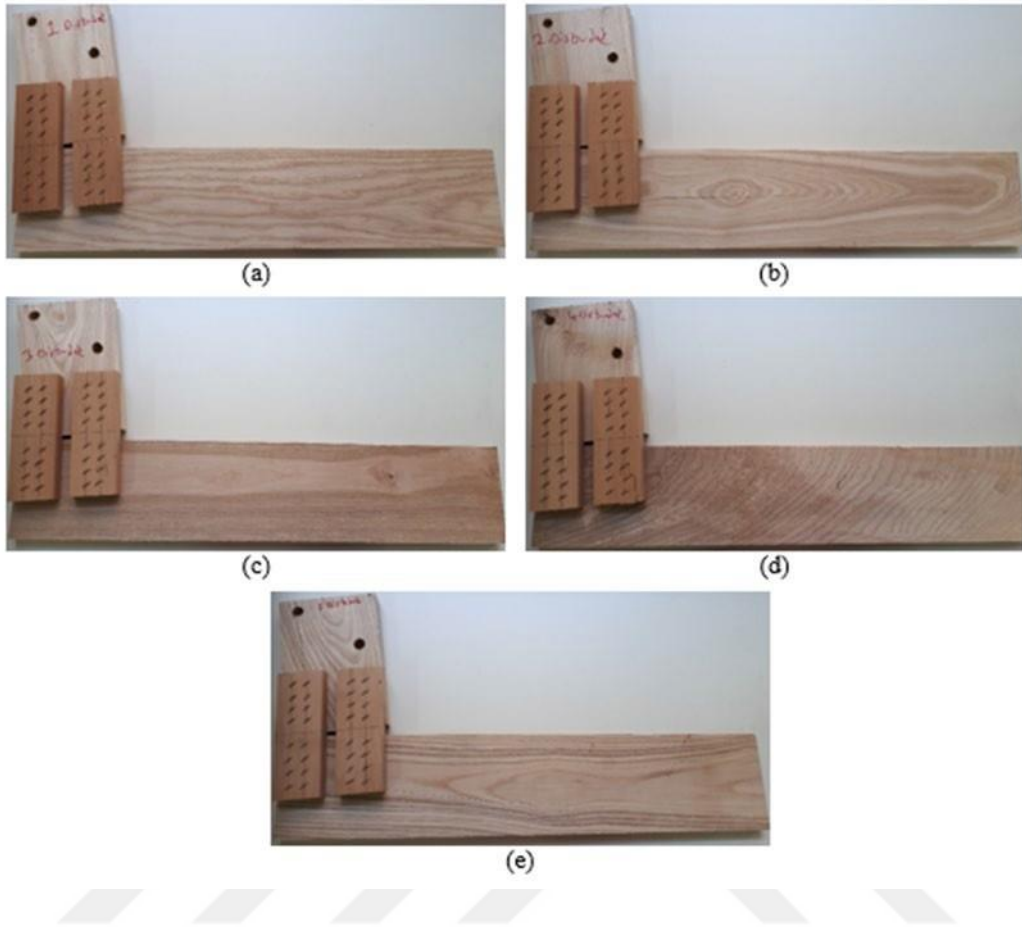
Şekil 14'de eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış sarıçam örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 14. Eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış sarıçam örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 14'te gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıttan büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemeden çıkması ve küçük kayıttan üstteki delik kısmından çatlaması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Bütün örneklerde küçük kayıttan kırılma ve çatlamalar görülmüştür. Ayrıca 1, 2 ve 5 nolu birleştirme yerlerinde büyük kayıttan budak varlığından dolayı çatlamalar gözlemlenmiştir.

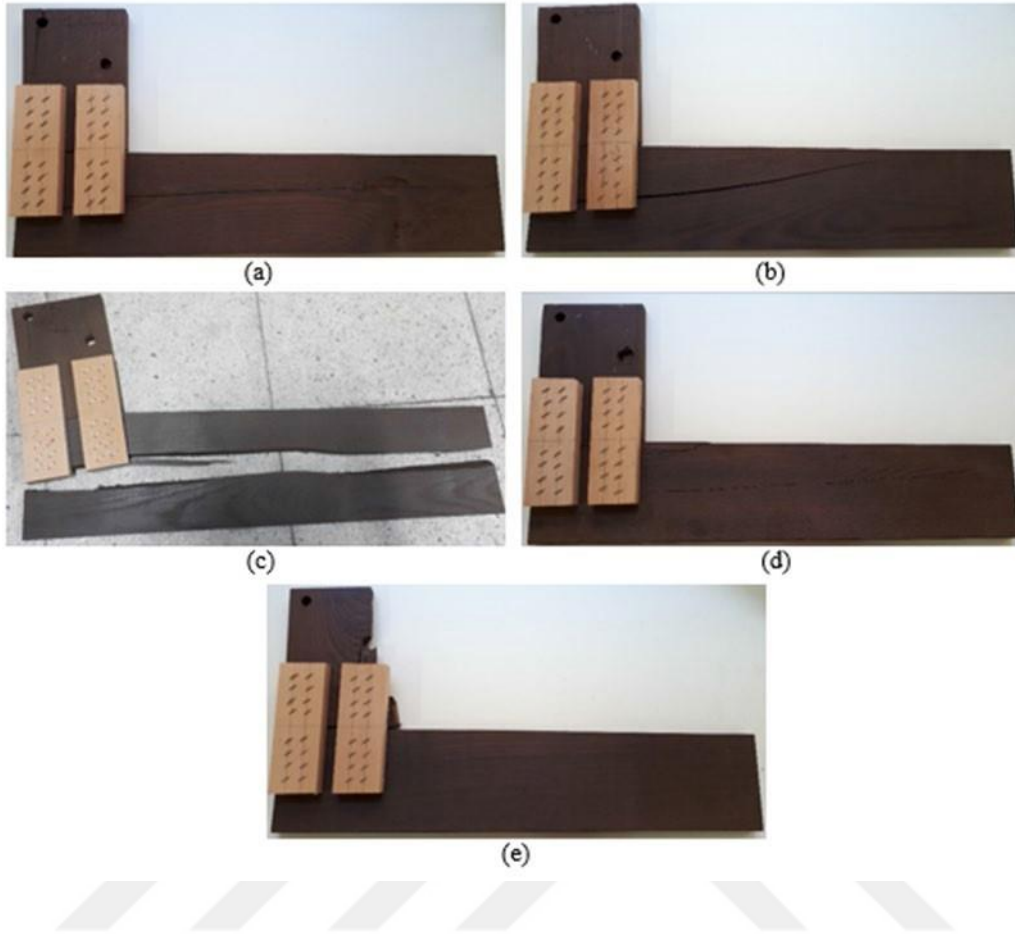
Şekil 15'te eğilme direnci testi sonrası dışbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 15. Eğilme direnci testi sonrası dişbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 15'te gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıtn büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemedan çıkması biçiminde gerçekleşmiştir. Ancak 1, 3 ve 5 nolu birleştirme yerlerinde küçük kayıtn üstteki delik kısmında çatlama meydana gelmiştir. Ayrıca 4 nolu birleştirme yeri takozunda çatlama, 2 ve 5 nolu birleştirme yerlerinde büyük kayıt çatlama gözlemlenmiştir. Bu çatlamanın budak varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 16'da eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış dişbudak örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir.



Şekil 16. Eğilme direnci testi sonrası ısıtılmış dışbudak örneklerinden elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri: a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu, e) 5 nolu birleştirme yeri

Şekil 16’ da gösterildiği gibi birleştirme yerlerinin tamamı küçük kayıta büyük kayıta göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zimbaların malzemeden çıkması biçiminde gerçekleşmiştir. Ancak 5 nolu birleştirme yeri hariç birleştirme yerlerinde küçük kayıta üst delik kısmında çatlama ve 1, 2 ve 4 nolu birleştirme yerlerinde büyük kayıta çatlamlar gözlemlenmiştir. Ayrıca 5 nolu birleştirme yerinin küçük kayıta alt delik kısmında parçalanma ve 3 nolu birleştirme yeri büyük kayıtının boylamasına iki parçaya ayrıldığı gözlemlenmiştir. Bu büyük kayıta oluşan çatlama sebebinin ısıtılmış odunun kimyasal yapısındaki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Keza Tankut vd.(2014) çalışmasında, ısıtılmanın hem selüloz, selüloz ve ligninin degradasyonu dahil olmak üzere ahşap bileşimini oluşturan kimyasal maddelerde değişikliklere neden olduğu ifade etmişlerdir.

3.1.3. Statik Eğilme Testine Ait İstatistikî Analiz

Tablo 9’da L-tipi birleştirme yerlerinin farklı ağaç türü (sarıçam dişbudak), işlem durumu (kontrol ve ya ısıtılmış işlemli olduğu) ve zımba sayısına (6, 8) göre ortalama maksimum eğilme direnci yükleri ve varyans katsayılarını göstermektedir.

Tablo 10. L-tipi birleştirme yerlerinin farklı ağaç türü, işlem durumu ve zımba sayısına göre N cinsinden ortalama maksimum eğilme direnci yükleri ve varyans katsayıları

Ağaç Cinsi	Zimba Sayısı			
	6		8	
	İşlem Durumu			
	Kontrol	Isıl İşlemli	Kontrol	Isıl İşlemli
	N			
Sarıçam	1010	941	1321	1291
Dişbudak	1917	1303	2629	1399

Her bir L-tipi birleştirme yerlerine ait verileri kullanarak üç faktörlü bir ANOVA genel doğrusal modeli oluşturulmuş ve bunların L-tipi birleştirme yerlerine ait ortalama değerleri üzerindeki etkileşimleri araştırılmış ve sonuçları Tablo 10’ da özetlenmiştir.

Tablo 11. Doğrusal model sonucu elde edilen ana faktörler ile etkileşim faktörleri arasındaki istatistiksel anlam düzeyleri

Faktörler	DF	F Değeri	P Değeri	Anlam Düzeyi
Z	1	46.55	<.0001	Anlamlı
A	1	155.66	<.0001	Anlamlı
İ	1	81.49	<.0001	Anlamlı
Z*A	1	0.47	0.4989	Anlamsız
Z*İ	1	7.16	0.0116	Anlamlı
A*İ	1	65.72	<.0001	Anlamlı
Z*A*İ	1	9.30	0.0046	Anlamlı

Z: Zımba sayısı, A: Ağaç türü, İ:İşlem türü

ANOVA tablosu zımba sayısı, ağaç türü ve işlem türü faktörleri arasında üçlü etkileşimin istatistiksel anlamda anlamlı bulmuştur çünkü üçlü etkileşimin P değeri olan 0,0046 anlam düzeyi olan $P=0,05$ ten küçüktür. Yüzde 5 anlamlılık düzeyinde korunan en az önemli fark (LSD) çoklu karşılaştırma prosedürü sonucu 219 Newton'luk tek LSD değerini ile ortalama sonuçlar karşılaştırılarak istatistiki farklar belirlenmiştir. Buna göre bu üçlü etkileşim analiz edilmiştir ve sonuçlar Tablo 11' de gösterilmiştir.

3.1.3.1. Isıl İşlem Etkisi

Tablo 11'de L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama statik eğilme direnci değerleri üzerine ısı işlem etkisini göstermektedir.

Tablo 12. L-tipi birleştirme yerlerinin N cinsinden ortalama statik eğilme direnci değerleri üzerine ısı işlem etkisi

Ağaç Cinsi	Zımba Sayısı	İşlem Durumu	
		Kontrol	Isıl İşlemli
		N	
Sarıçam	6	1010 (A)	941 (A)
Dişbudak		1917 (A)	1303 (B)
Sarıçam	8	1321 (A)	1291 (A)
Dişbudak		2629 (A)	1399 (B)

Bu çalışma açısından önemli olan değerlendirme ısı işlemli örnekler ile kontrol örneklerinin istatistiksel olarak kıyasıdır. Tablo 11'den görüleceği üzere çift sıra 6 zımbalı sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama statik eğilme direnci değerleri yine aynı zımba sayısındaki ısı işlemli sarıçam birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerlerinden matematiksel olarak büyük olmasına karşın istatistiksel anlamda anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. Aynı ilişki çift sıra 8 zımbalı sarıçam kontrol ve ısı işlemli sarıçamlardan elde edilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerleri arasında gözlemlenmiştir.

Oysa diğer taraftan, çift sıra 6 zımbalı dişbudak kontrol örneklerinden elde edilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama statik eğilme direnci değerleri yine aynı zımba

sayısındaki ısıt işlemleri dışbudak birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerlerinden istatistiksel olarak büyük çıkmıştır. Aynı ilişki çift sıra 8 zımbalı dışbudak kontrol ve ısıt işlemleri dışbudaklardan elde edilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerleri arasında gözlemlenmiştir.

Kalaycı (2019) çalışmasında, çift sıra zımbalı masif birleştirme yerlerinin zımba sayısını 6'dan 8 zımbaya çıkarması makaslama direncini istatistiksel olarak artırdığını gözlemlemiştir. Yine Demirel ve Zhang (2014) çalışmasında, OSB'den L-tipi birleştirme yerlerinin zımba sayısını 8'den 12 çıkarması sonucu ortalama maksimum eğilme direnci değerleri istatistiksel olarak artmıştır.

3.1.3.2. Zımba Sayısı Etkisi

Tablo 12'de L-tipi birleştirme yerleri ortalama statik eğilme direnci değerleri üzerine zımba sayısı etkisini göstermektedir.

Tablo 13. L-tipi birleştirme yerlerinin N cinsinden ortalama statik eğilme direnci değerleri üzerine zımba sayısı etkisi

İşlem Durumu	Ağaç Cinsi	Zımba Sayısı	
		6	8
		N	
Kontrol	Sarıçam	1010 (A)	1321 (B)
	Dışbudak	1917 (A)	2629 (B)
Isıt İşlemleri	Sarıçam	941 (A)	1291 (B)
	Dışbudak	1303 (A)	1399 (A)

Tablo 12' den gözlemleneceği üzere genel itibariyle gerek kontrol ve gerekse ısıt işlemleri sarıçam ve dışbudak örneklerinden 8 zımba kullanarak üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerine ait ortalama statik eğilme direnci değerleri 6 zımbayla üretilenlerden istatistiksel anlamda yüksek çıkmıştır. Zımba sayısı arttıkça L-tipi birleştirme yerlerine ait ortalama statik eğilme direnci değerleri artmıştır. Demirel ve Zhang (2014), farklı yoğunluklardaki OSB malzemesinden 8 ve 12 zımba kullanarak üretilmiş L-tipi mobilya birleştirme yerlerinin statik eğilme direnci değerlerini araştırmış ve sonuç olarak 12 zımba kullanarak üretilmiş L-

tipi birleştirme yerlerinin ortalama maksimum eğilme direnci değerleri 8 zımba kullanarak üretilenlerden istatistiki olarak daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Burada yalnızca ısı işlemli dışbudak örneklerinden oluşmuş 6 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerleriyle, ısı işlemli dışbudak örneklerinden oluşmuş 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerleri arasında istatistiki anlamda bir fark gözlemlenmemiştir. Bunun sebebi dışbudak odununda ısı işlem birleştirme elemanlarının mekanik yapısı kırgınlaşmaktadır. Çok zımbalama sonrası birleştirme yerinde kırılma oluştuğundan 8 ve 6 zımbalı birleştirme yerleri arasında matematiksel bir fark olsa bile istatistiki bir fark olmadığı düşünülmektedir. Boonstra vd. (2007), ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisini incelemiş ve ısı işlem sonrası ağaç malzemenin eğilme direncinin azaldığını gözlemlemiştir. Eğilme direncinin ısı işlem sonrası azalmasının sebebi olarak hemiselülozdaki bozunmadan kaynaklandığı daha önceki çalışmalardan tespit edilmiştir (Kass vd., 1970; Levan vd., 1990; Winandy, 1995). Yine bazı çalışmalar ısı işlemin ağaç malzemenin eğilme direncini azalttığını ifade etmiştir (Bengtsson vd., 2002; Santos, 2000; Yıldız vd., 2002). Kaygın vd. (2009), ısı işlem sonucu pawlonia odununda eğilme direnci gibi bazı mekanik özelliklerde azalma tespit etmiştir.

3.1.3.3. Ağaç Cinsi Etkisi

Tablo 13'te L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama statik eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü etkisini göstermektedir.

Tablo 14. L-tipi birleştirme yerlerinin N cinsinden ortalama statik eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü etkisi

İşlem Durumu	Zımba Sayısı	Ağaç Cinsi	
		Sarıçam	Dışbudak
		N	
Kontrol	6	1010 (A)	1917 (B)
	8	1321 (A)	2629 (B)
Isıl İşlemli	6	941 (A)	1303 (B)
	8	1291 (A)	1399 (A)

Tablo 13' den gözlemleneceği üzere genel itibariyle gerek ısıtılı ve gerek kontrol dışındaki örneklerinden üretilmiş 6 ve 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait ortalama statik eğilme direnci değerleri sarıçamdan üretilenlerden istatistiksel anlamda yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin dışındaki ağacının yoğunluğunun sarıçam ağacının yoğunluğundan daha yüksek olması olarak düşünülmektedir. Demirel ve Zhang (2014), farklı yoğunluklardaki OSB malzemesiyle (OSB-I, OSB-II, OSB-III) üretilmiş L-tipi mobilya birleştirme yerlerinin statik eğilme direnci değerlerini araştırmış ve sonuç olarak en yüksek yoğunluklu OSB-III malzemesinden üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama maksimum eğilme direnci değerleri diğer OSB malzemelerinden üretilenlere göre en yüksek çıkmış bunu OSB-II ve OSB-I den üretilen L-tipi birleştirme yerleri takip etmiştir. Tablo 13' te yalnızca ısıtılı ve kontrol dışındaki örneklerinden oluşmuş 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerleri ısıtılı sarıçam örneklerinden oluşmuş 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerinin ortalama eğilme direnci değerlerinden matematiksel olarak büyük çıkmış ancak istatistiksel anlamda bir fark gözlemlenmemiştir.

3.2. Yorulma Testi

Çift sıra 6 zımbalı sarıçam kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 15. Çift sıra 6 zımbalı sarıçam kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zımba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
6	1		25000	25.000	25.000	4.449			
	2		25.000	25.000	25.000	4.446			
	3		25.000	25.000	25.000	4.377			
	4		25.000	25.000	23.000				

Tablo 14’de görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve her örnek bu yük seviyesinde her bir seviyeyi geçmek için gerekli olan 25.000 devir (döngü) sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.’ye denk gelen 34,05 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bu yük seviyesinde 25000 devri tamamlayan birleştirme yerleri hafif sınıfa girmektedir (GSA). Bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb.’ye denk gelen 45,4 kg’lık yük seviyesi örneklerle uygulanmış 4 numaralı örnek hariç tüm örnekler yük seviyesini 25.000 devirle tamamlamış yalnızca 4 nolu örnek 23.000 devirde birleştirme yerini oluşturan zimbalar koparak birleşen parçaları birbirinden ayrılacak şekilde kopmuştur. 1, 2 ve 3 nolu örnekler bir sonraki adım olan 125 lb.’ ye denk gelen 56,75 kg tekrarlı yüklemelere tabi tutulmuş ve örnekler Tablo 14’ de görüldüğü gibi sırasıyla 4.449, 4.446 ve 4.377 devir sayılarıyla söz konusu yük seviyesini tamamlayamadan hafif sınıf grubunda kalmışlardır. Buna göre 1, 2, 3 nolu örnekler 45,4 kg’lık yük seviyelerini tamamlayabilmişken, 4 nolu örnek 34,5 kg’lık yük seviyesini tamamlamıştır. Ancak genel olarak sarıçam kontrol grubu örnekleri 45,4 kg’lık yük seviyesini tamamlamış, hafif sınıfın son adımındaki yük seviyesinde yüklenmeye maruz kalmış ancak bu seviyeye dayanım gösterememiştir. Birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 17’ de gösterilmiştir.



(a)

Şekil 17. Sarıçam kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zimbali birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 17 'in devamı



(b)



(c)

Şekil 17'in devamı



(d)

Şekil 17' de görüldüğü üzere örneklerin birleştirme yerlerinden zımba malzemesinin yorularak kopması sonucu ayrılma biçimleri gözlenmektedir. Ayrıca 1 ve 4 nolu birleştirme yerini oluşturan küçük kayıtlarda çatlama ve kopmalar gözlemlenmiştir. Şekil 18'de zımba malzemesinin malzemede kopması sonrası son görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 18. Zimba malzemesinin devirli yük altında kopması

Çift sıra 6 zımbalı ısıtılmış sarıçam örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 15’te gösterilmiştir.

Tablo 16. Çift sıra 6 zımbalı ısıtılmış sarıçam örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zimba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
6	1	25.000	25.000	25.000	25.000	4			
	2	25.000	25.000	25.000	15.000				
	3	25.000	25.000	25.000	25.000	6			
	4	25.000	25.000	25.000	25.000	3			

Tablo 15’te görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve her örnek bu yük seviyesinde her bir seviyeyi geçmek için gerekli olan 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.’ye denk gelen 34,05 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb. ‘ye denk gelen 45,4 kg’lık yük seviyesi örnekler üzerine uygulanmış 2 numaralı örnek hariç tüm örnekler yük seviyesini 25.000 devirle tamamlamış yalnızca 2 nolu örnek 15.000 devirde birleştirme yerini bir arada tutan zımbalar koparak birleşen parçaları birbirinden ayrılacak şekilde kopmuştur. 1, 3 ve 4 nolu örnekler bir sonraki adım olan 125 lb.’ye denk gelen 56,75 kg tekrarlı yüklemelere tabi tutulmuş ve örnekler Tablo 15’te görüldüğü gibi sırasıyla 4, 6 ve 3 devir sayılarıyla söz konusu yük seviyesini tamamlayamamış ve hafif sınıfta kalmışlardır. Buna göre 1, 3, 4 nolu örnekler 45,4 kg’lık yük seviyelerini tamamlayabilmişken, 2 nolu örnek 34,5 kg’lık yük seviyesini tamamlamıştır. Ancak genel olarak ısıtılmış sarıçam grubu örnekleri hafif grubun son bir önceki adımı olan 45,4 kg’lık yük seviyesini tamamlamış, hafif sınıfın son adımında yüklenmeye maruz kalmış ancak bu seviyeye dayanım gösterememiştir. Bu birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 19’da gösterilmiştir.



(a)

Şekil 19. Isıl işlem görmüş sarıçam örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 19'un devamı



(b)



(c)

Şekil 19'un devamı



(d)

Şekil 19' da görüldüğü üzere örneklerin ısıtılmış işlemli çam 6 zımbalı birleştirme yerlerinden zımba malzemesinin yorularak kopması sonucu ayrılma biçimleri gözlenmektedir. Ayrıca 1 nolu birleştirme yerinde büyük kayıta, 3 ve 4 nolu birleştirme yerini oluşturan küçük kayıtlarda çatlama ve kopmalar gözlemlenmiştir. 2 nolu örnekte ise sadece zımbaların malzemeden ayrılması ve kopması şeklinde ayrılma biçimi gözlemlenmiştir. Şekil 18'de zımbaların malzemede kopması sonrası son görüntüsünü göstermektedir.

Devirli yorulma yüklemesi altında sarıçam kontrol örneklerden oluşmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerleri 4 nolu birleştirme yeri hariç tamamı hafif yük seviyesinin son bir önceki adımı olan 45,4 kg'lık yük seviyesini 25.000 devirle tamamlamış ve hafif sınıfın son adımı olan 56,75 kg'lık devirli yükleme altında 4000'li devirlerde yük taşıyamaz hale gelmişlerdir (Tablo 14). Benzer şekilde devirli yorulma yüklemesi altında ısıtılmış işlem görmüş sarıçam örneklerden oluşmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerleri 2 nolu birleştirme yeri hariç tamamı hafif yük seviyesinin son bir önceki adımı olan 45,4 kg'lık yük seviyesi tamamlamış ve hafif sınıfın son adımı olan 56,75 kg'lık devirli yüklemeye hemen başında 4 ve 5 gibi tek haneli devirler yük taşıyamaz hale gelmişlerdir (Tablo 15). Genel olarak kontrol ve ısıtılmış işlemli sarıçam örnekleri kullanarak oluşturulan çift sıralı 6 zımbalı birleştirme

yerlerinin aynı yükleme seviyesindeki devirli yorulma yüklemesi altında aralarında yaklaşık 4000 devir kadar bir yükleme farkı olsa bile aynı yükleme adımı altında yıkımlanmışlardır.

Çift sıra 8 zımbalı sarıçam kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 17. Çift sıra 8 zımbalı sarıçam kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
			(lb)	50	75	100	125	150	175
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zimba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
8	1		25000	25.000	25.000	25.000	2.614		
	2		25.000	25.000	25.000	25.000	2.616		
	3		25.000	25.000	25.000	25.000	2.415		
	4		25.000	25.000	25.000	25.000	2.596		

Tablo 16’da görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve her örnek bu yük seviyesinde 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.’ye denk gelen 34,05 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb.’ye denk gelen 45,4 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 125 lb.’ye denk gelen 56,75 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi olan 150 lb.’ye denk gelen 68,1 kg’lık yük seviyesi örnekler uygulanmış ancak tüm örnekler bu yük seviyesini tamamlayamamıştır. Örnekler Tablo 16’da görüldüğü gibi sırasıyla 2614, 2616, 2415 ve 2596 devir sayılarıyla orta sınıfın ilk adımı olan bu yük seviyesini tamamlayamadan hafif sınıfta kalmışlardır. Buna göre tüm örnekler 56,75 kg’lık yük seviyesini

tamamlayabilmişken, 68,1 kg'lık yük seviyesini tamamlayamamıştır. Ancak genel olarak 8 zımbalı sarıçam kontrol grubu örnekleri hafif sınıfın son adımı olan 56,75 kg 'lık yük seviyesini tamamlamıştır. Bu birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 20'de gösterilmiştir.



(a)

Şekil 20. Sarıçam kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 20'nin devamı



(b)



(c)

Şekil 20'nin devamı



(d)

Şekil 20' de görüldüğü üzere örneklerin birleştirme yerlerinden zımba malzemesinin yorularak ayrılması ve kopması sonucu ayrılma biçimleri gözlenmektedir. Ayrıca 2 nolu birleştirme yerini oluşturan küçük kayıtta çatlama gözlemlenmiştir. Şekil 21'de zımba malzemesinin malzemeden çıkması sonrası son görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 21. Zımbaların devirli yük altında koparak ağaç malzemedan çıkması

Çift sıra 8 zımbalı ısıtılmış sarıçam örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 17’de gösterilmiştir.

Tablo 18. Çift sıra 8 zımbalı ısıtılmalı sarıçam örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zimba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
8	1		25000	25.000	25.000	25.000	2006		
	2		25.000	25.000	25.000	25.000	2009		
	3		25.000	25.000	25.000	25.000	2002		
	4		25.000	25.000	25.000	25.000	1934		

Tablo 17’de görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve her örnek bu yük seviyesinde 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.’ye denk gelen 34,05 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb.’ye denk gelen 45,4 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 125 lb.’ye denk gelen 56,75 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi olan 150 lb. ‘ye denk gelen 68,1 kg’lık yük seviyesi örnekler uygulanmış ancak tüm örnekler bu yük seviyesini tamamlayamamıştır. Örnekler Tablo 17’de görüldüğü gibi sırasıyla 2006, 2009, 2002 ve 1934 devir sayılarıyla orta sınıfın ilk adımı olan bu yük seviyesini tamamlayamadan hafif sınıfta kalmışlardır. Buna göre tüm örnekler 56,75 kg’lık yük seviyesini tamamlayabilmişken, 68,1 kg’lık yük seviyesini tamamlayamamıştır. Ancak genel olarak 8 zımbalı ısıtılmalı sarıçam örnekleri hafif grubun son adımı olan 56,75 kg ‘lık yük seviyesini tamamlamıştır. Isıtılmalı sarıçam çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 22’ de gösterilmiştir.



(a)



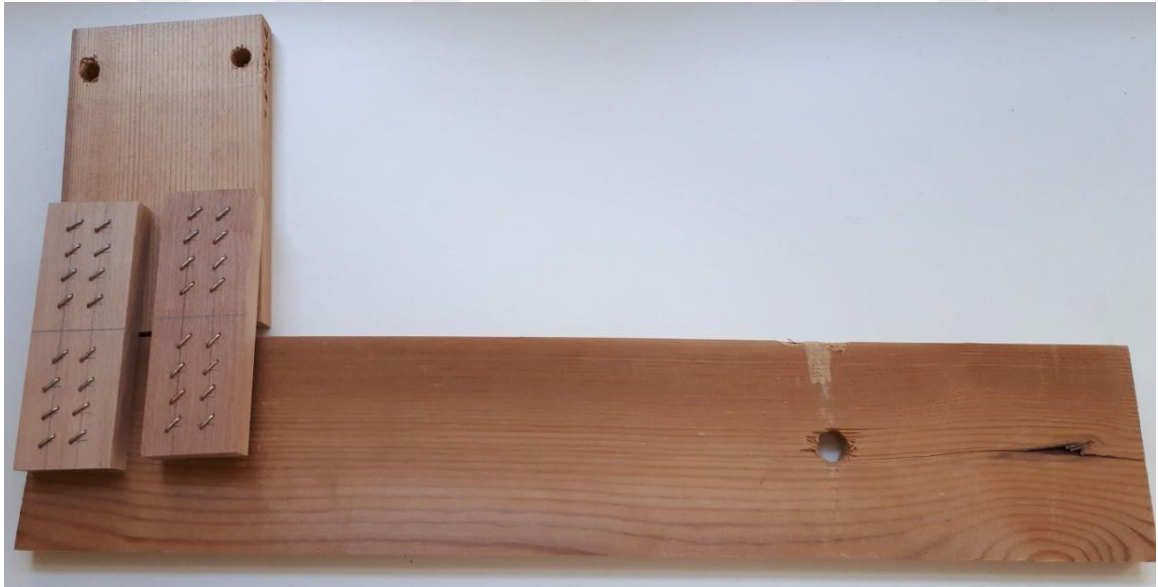
(b)

Şekil 22. Isıl işlemli sarıçam örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri a) 1nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 22'in devamı



(c)



(d)

Şekil 22' den görüleceği üzere 1 nolu örnek büyük kayıtın 2 nolu örnekte küçük kayıtın kırılması sonucu yorulma testi sonlanırken 3 nolu örnekte hem küçük kayıt yıkılmış hem de zimbalar malzemedan çıkarak ve koparak yorulma testi sonlanmıştır. 4 nolu örnekte ise

kayıtlarda kopma olmamış ayrılma zımbaların malzemedan çıkması ve kopması sonucu oluşmuştur.

Sarıçam kontrol ve ısıt işlemleri örneklerden oluşmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerinden devirli yorulma yüklemesi sonucu elde edilen değerlerde çok fazla bir fark olmayıp örneklerin hepsi yorulma yüklemesinin hafif yük seviyesinin son adımını 25.000 yorulma devrini tamamlayıp orta sınıfın ilk adımı olan 68,1 kg'lık yük altında 2000'li yorulma devirlerinde yorulma yüklerine karşı koyamayacak hale gelmişlerdir (Tablo 16 ve 17). Dolayısıyla gerek sarıçam kontrol ve gerekse ısıt işlemleri birleştirme yerleri aynı yükleme adımında yıkılmış olup hafif sınıf yük seviyesinde kalmışlardır.

Çift sıra 6 zımbalı dişbudak kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 19. Çift sıra 6 zımbalı dişbudak kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zimba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
6	1		25000	25.000	25.000	7.803			
	2		25.000	25.000	25.000	4.184			
	3		25.000	25.000	25.000	4.195			
	4		25.000	25.000	25.000	4.182			

Tablo 18' de görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve her örnek bu yük seviyesinde 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.'ye denk gelen 34,05 kg'lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb.'ye denk gelen 45,4 kg'lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi

olan 125 lb.'ye denk gelen 56,75 kg'lık yük seviyesi örneklere uygulanmış ancak tüm örnekler bu yük seviyesini tamamlayamamıştır. Örnekler Tablo 18' de görüldüğü gibi sırasıyla 7803, 4184, 4195 ve 4182 devir sayılarıyla söz konusu yük seviyesini tamamlayamadan hafif sınıfta kalmışlardır. Buna göre tüm örnekler 45,4 kg'lık yük seviyesini tamamlayabilmişken, 56,75 kg'lık yük seviyesini tamamlayamamıştır. Ancak genel olarak dışbudak kontrol grubu örnekleri hafif grubun sondan bir önceki adımı olan 45,4 kg 'lık yük seviyesini tamamlamıştır. Bu birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 23 ve 24' de gösterilmiştir.



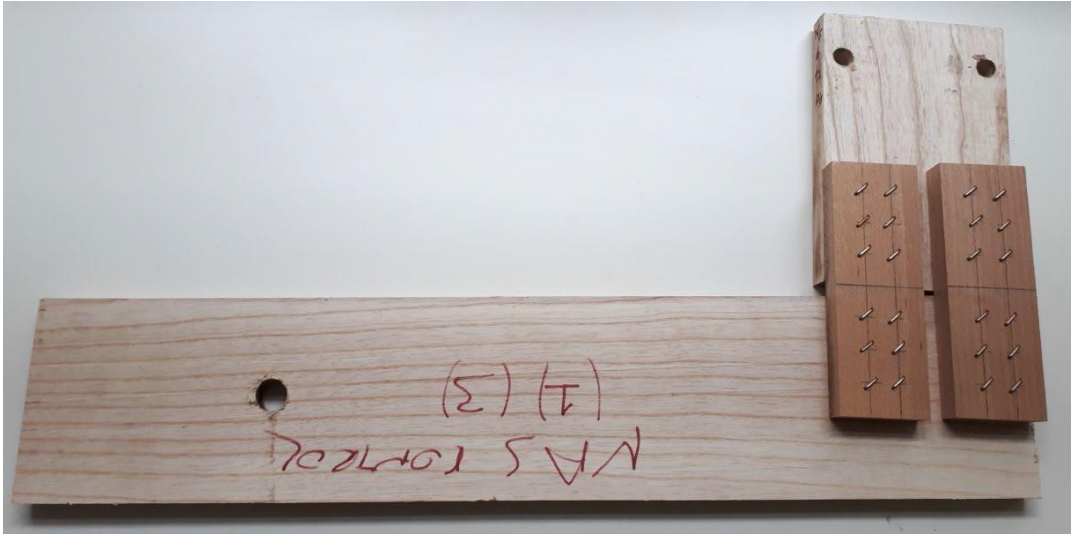
(a)

Şekil 23. Dışbudak kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görünüşleri a) 1nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 23'ün devamı

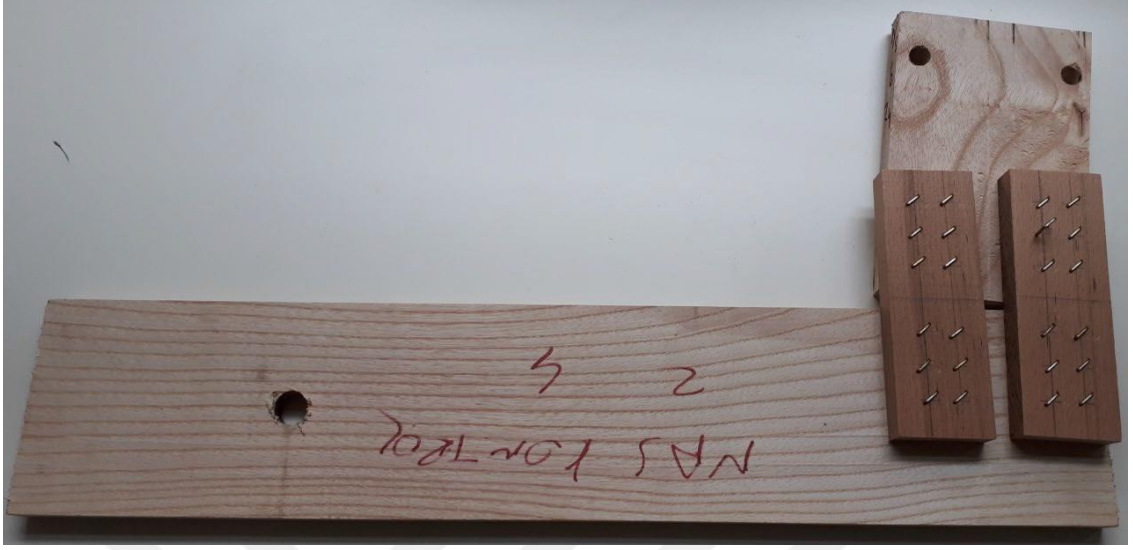


(b)

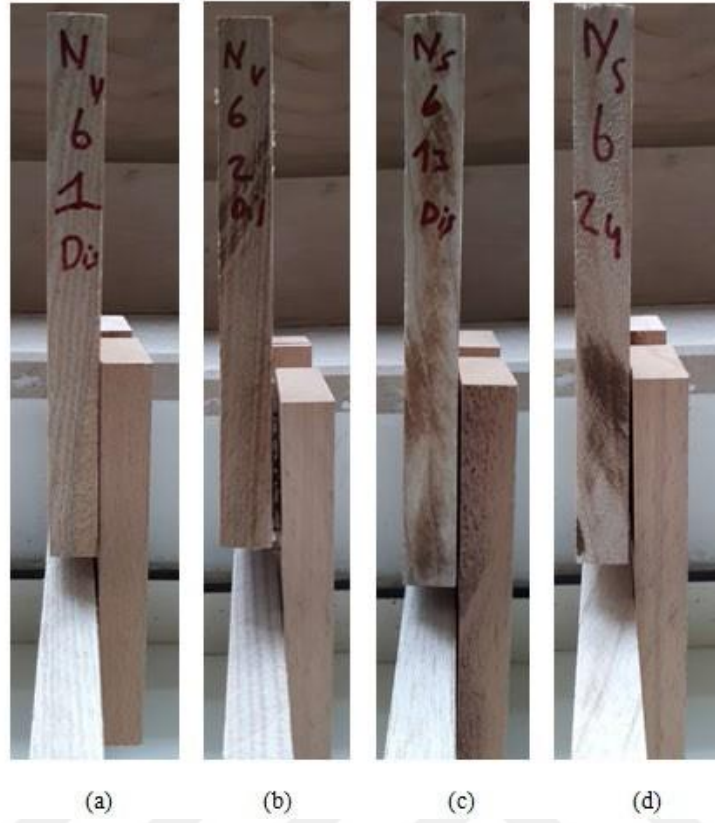


(c)

Şekil 23'ün devamı



(d)



Şekil 24. Isıl işlemlili dışbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görüşleri a) 1nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 23 ve 24' den görüleceği üzere dışbudak kontrol örneklerinde oluşturulmuş birleştirme yerlerinin hepsi zımbaların birleştirme yerlerinden çıkması ve kopması şeklinde ayrılma biçimi göstermiştir.

Çift sıra 6 zımbalı ısıl işlemlili dışbudak örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 20. Çift sıra 6 zımbalı ısıtıl işlemli dişbudak örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zimba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
6	1		25000	25.000	25.000	835			
	2		25.000	25.000	25.000	836			
	3		25.000	25.000	25.000	808			
	4		25.000	25.000	23.369				

Tablo 19’da görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve her örnek bu yük seviyesinde 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.’ye denk gelen 34,05 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb. ‘ye denk gelen 45,4 kg’lık yük seviyesi örnekler uygulanmış 4 numaralı örnek hariç tüm örnekler yük seviyesini 25.000 devirle tamamlamış yalnızca 4 nolu örnek 23.369 devirle söz konusu adımı tamamlayamayıp yıkılmıştır. 1, 2 ve 3 nolu örnekler bir sonraki adım olan 125 lb.’ye denk gelen 56,75 kg tekrarlı yüklemelere tabi tutulmuş ve örnekler Tablo 19’da görüldüğü gibi sırasıyla 835, 836 ve 808 devir sayılarıyla söz konusu yük seviyesini tamamlayamamış ve hafif sınıfta kalmışlardır. Buna göre 1, 2 ve 3 nolu örnekler 45,4 kg’lık yük seviyelerini tamamlayabilmişken, 4 nolu örnek 34,5 kg’lık yük seviyesini tamamlamıştır. Ancak genel olarak ısıtıl işlemli sarıçam grubu örnekleri hafif grubun son bir önceki adımı olan 45,4 kg’lık yük seviyesini tamamlamış, hafif sınıfın son adımında yüklenmeye maruz kalmış ancak bu seviyeye dayanım gösterememiştir. Bu birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 25 ve 26’ da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 25. Isıl işlemlili dişbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görüşleri a) 1nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

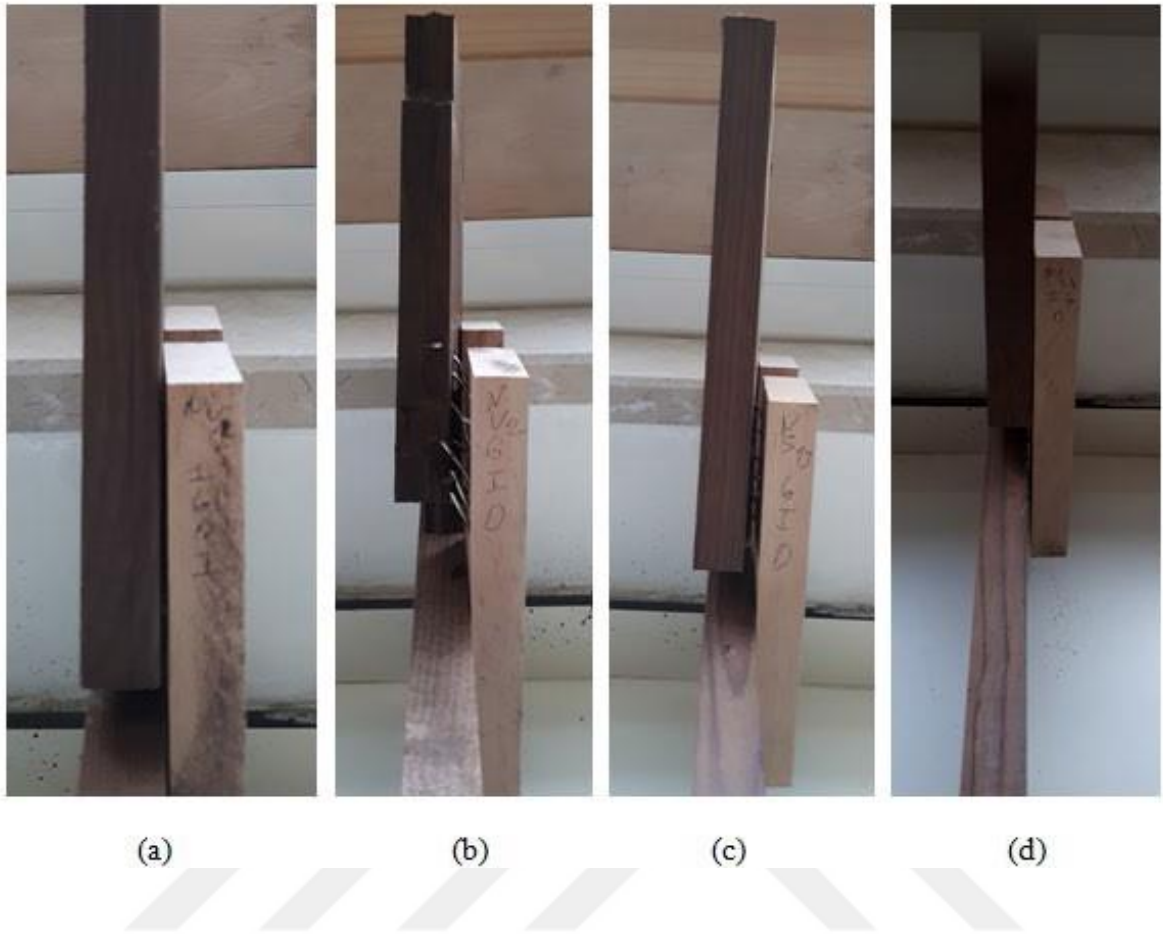
Şekil 25'in devamı



(c)



(d)



Şekil 26. Isıl işlemli dişbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 25 ve 26’ dan görüleceği üzere ısıtılmış dişbudak odunundan elde edilen birleştirme yerlerinden 1 nolu örnekte sadece zımbaların malzemeden çıkması sonucu bir ayrılma biçimi gözlenirken 2 nolu örnekte büyük ve küçük kayıta çatlama olmuş ve zımbalar yorularak kırılmıştır. 3 ve 4 nolu örnekte zımbaların malzemeden çıkması ve kopması şeklinde ayrılma biçimi gözlemlenirken ayrıca 4 nolu örneğin küçük kaydında çatlama tespit edilmiştir.

Devirli yorulma yüklemesi altında diş budak kontrol örneklerinden oluşmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerinin tamamı hafif yük seviyesinin üçüncü adımı olan 45,4 kg’lık yük seviyesini 25.000 devirle tamamlamış ve hafif sınıfın son adımı olan 56,75 kg’lık devirli yükleme altında 4000’li devirlerde yük taşıyamaz hale gelmişlerdir (Tablo 18). Yine devirli yorulma yüklemesi altında ısıtılmış dişbudak örneklerden oluşmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerleri 4 nolu birleştirme yeri hariç tamamı hafif yük seviyesinin üçüncü

adımı olan 45,4 kg'lık yük seviyesini 25.000 devir yorulma yüklemesiyle tamamlamış ve yine aynı sınıfın son adımı olan 56,75 kg'lık devirli yüklemesi altında 800'lü devir sayılarında yük taşıyamaz hale gelmişlerdir (Tablo 19). Genel olarak kontrol ve ısıtma işlemli diş budak örnekleri kullanarak oluşturulan çift sıralı 6 zımbalı birleştirme yerleri devirli yorulma yükleri altında aralarında yaklaşık 3000 devir kadar bir yükleme farkı olsa bile aynı yükleme adımı altında yıkımlanmışlar ve hepsi hafif yük seviyesi kategorisine girmiştir.

Çift sıra 8 zımbalı dişbudak kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 20'de gösterilmiştir.

Tablo 21. Çift sıra 8 zımbalı dişbudak kontrol örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zimba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
8	1		25000	25.000	25.000	25.000	25.000	23.506	
	2		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	237	
	3		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	23.436	
	4		25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	23.418	

Tablo 20'de görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve bu yük seviyesinde 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi (hafif sınıfın ilk adımı) olan 75 lb.'ye denk gelen 34,05 kg'lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb.'ye denk gelen 45,4 kg'lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 125 lb.'ye denk gelen 56,75 kg'lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı

tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 150 lb.'ye denk gelen 68,1 kg'lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde diğer yük seviyelerinde olduğu gibi 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi olan 175 lb. 'ye denk gelen 79,45 kg'lık yük seviyesi örneklerle uygulanmış ancak tüm örnekler bu yük seviyesini tamamlayamamıştır. Örnekler Tablo 20'de görüldüğü gibi sırasıyla 23.506, 237, 23.436 ve 23.418 devir sayılarıyla söz konusu yük seviyesini tamamlayamadan orta sınıf grubunda kalmışlardır. Buna göre tüm örnekler 68,1 kg'lık yük seviyesini tamamlayabilmişken, 79,45 kg'lık yük seviyesini tamamlayamamıştır. Ancak genel olarak kontrol dışı grubu örnekleri orta grubun ilk adımı olan 68,1 kg'lık yük seviyesini tamamlamış, orta sınıfın son adımında yüklenmeye maruz kalmış ancak buradaki yüklemeye dayanım gösterememiştir. Bu birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 27 ve 28' de gösterilmiştir.



(a)

Şekil 27. Dışbudak kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görünüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 27'nin devamı



(b)



(c)

Şekil 27'nin devamı



(d)



Şekil 28. Dişbudak kontrol örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görünüşleri a) 1nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 27 ve 28’ den görüleceği üzere dişbudak kontrol örneklerinde elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerinin 2 nolu örnek hariç diğerleri zımbaların birleştirme yerlerinde malzemeden çıkması ve yorulma yükü altında kopması şeklinde gerçekleşirken 2 nolu örnekte küçük kayıt vida yerinden koparak ayrılma göstermiştir. Tablo 20’den görüleceği üzere diğer örnekler 23 bin devirlere dayanım gösterirken 2 nolu örnek 200’lü devirlerde küçük kaydın yıkımlanması sonucu yorulma yüküne karşı dayanım gösterememiştir.

Çift sıra 8 zımbalı ısıtılmış dişbudak örnekleri kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 22. Çift sıra 8 zımbalı ısıtılmalı işlemler dışındaki örnekleri kullanarak oluşturulan birleştirme yerlerine ait yorulma test sonuçları

		Birim	Yük						
		(lb)	50	75	100	125	150	175	200
		(kg)	22,7	34,05	45,4	56,75	68,1	79,45	90,8
Zımba Sayısı	Örnek No	Devir	25.000	50.000	75.000	100.000	125.000	150.000	175.000
8	1		25000	25.000	25.000	25.000	23339		
	2		25.000	25.000	25.000	25.000	23342		
	3		25.000	25.000	25.000	25.000	23345		
	4		25.000	25.000	25.000	25.000	23346		

Tablo 21’de görüleceği üzere örnekler önce standartta belirtildiği üzere 50 lb değerine karşılık gelen 22,7 kg ağırlıkla tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuşlar ve gerekli olan 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 75 lb.’ye denk gelen 34,05 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 100 lb.’ye denk gelen 45,4 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Söz konusu devir sayısı tamamlandığında örnekler bir sonraki yük seviyesi olan 125 lb.’ye denk gelen 56,75 kg’lık yükleme ile tekrarlı yorulma testine tabi tutulmuş ve örnekler bu yük seviyesinde de 25.000 devir sayısını tamamlamıştır. Bir sonraki yük seviyesi olan 150 lb. ‘ye denk gelen 68,1 kg’lık yük seviyesi örnekler uygulanmış ancak tüm örnekler bu yük seviyesini tamamlayamamıştır. Örnekler Tablo 21’de görüldüğü gibi sırasıyla 23.339, 23.342, 23.345 ve 23.346 devir sayılarıyla orta sınıfın ilk adımı olan bu yük seviyesini tamamlayamadan hafif sınıfta kalmışlardır. Buna göre tüm örnekler 56,75 kg’lık yük seviyesini tamamlayabilmişken, 68,1 kg’lık yük seviyesini tamamlayamamıştır. Ancak genel olarak ısıtılmalı işlemler dışındaki gruba örnekleri hafif grubun son adımı olan 56,75 kg ‘lık yük seviyesini tamamlamıştır. Bu birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri Şekil 29 ve 30’ da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 29. Isıl işlemli dişbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin yandan görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 29'un devamı



(c)



(d)



Şekil 30. Isıl işlemlı dişbudak örneklerinden oluşturulmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerinin önden görüşleri a) 1 nolu, b) 2 nolu, c) 3 nolu, d) 4 nolu birleştirme yerleri

Şekil 29 ve 30' dan görüleceği üzere ısıl işlemlı dişbudak örneklerinde elde edilmiş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerinin hepsi küçük kayıtlın çatlaması hatta parçalanması ile zımbaların birleştirme yerinde malzemeden çıkması ve yorulma yükü altında kopması şeklinde ayrılma biçimi göstermişlerdir.

Devirli yorulma yükleme altında diş budak kontrol örneklerinden oluşmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerinin tamamı orta yük seviyesinin ilk adımı olan 68,1 kg'lık yük seviyesini 25.000 devirle tamamlamış ve bir sonraki orta sınıf yük seviyesinin son adımı olan 79,45 kg'lık devirli yükleme altında 23 bin'li devirlerde neredeyse bu adımı tamamlayacakken yük taşıyamaz hale gelmişlerdir (Tablo 20). Yine devirli yorulma

yüklemesi altında ısıtıl işlem görmüş dişbudak örneklerden oluşmuş çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerinin tamamı orta sınıf yük seviyesinin ilk adımı olan 68,1 kg'lık yük seviyesini 23 bin'li devirlerde neredeyse bu adımı tamamlayacakken yük taşıyamaz hale gelmişlerdir (Tablo 21). Şimdiye kadar yorulma yüklemesiyle yüklenen kontrol ve ısıtıl işlemli örneklerden oluşmuş birleştirme yerleri hep aynı adım altında yıkımlanırken, bu grupta bulunan diş budak kontrol örneklerinden oluşturulan çift sıralı 8 zımbalı birleştirme yerleri ısıtıl işlemli dişbudak örneklerinden oluşturulan çift sıra 8 zımbalı birleştirme yerlerinden bir adım daha yüksek yük seviyesinde yıkımlanmıştır.

L-tipi birleştirme yerlerinin tekrarlı yorulma testi sonucu başarılı olduğu son adım ve başarısız olduğu adımlar Tablo 22' de verilmiştir. Tabloya bakıldığında bütün 6 zımbalı birleştirme yerleri hafif yük seviyesinin üçüncü adımı olan 45,4 kg'ı geçmişler fakat hafif sınıfın son adımı olan 56,75'da başarısız olmuşlardır. Diğer taraftan kontrol sarıçam örneklerinden üretilen birleştirme yerleri hariç bütün 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerleri hafif sınıfın son adımı olan 56,75 kg'lık yük seviyesini 25.000 devir yüklemeye başarıyla tamamlamış ancak orta sınıfın ilk adımı olan 68,1 kg'lık yüklemeye 25.000 devir yüklemeyi tamamlayamayarak hafif sınıfta gruplandırılmıştır. Burada yalnızca kontrol dişbudak örneklerinden elde edilmiş L-tipi birleştirme yerleri orta sınıfın ilk adımı olan 68,1 kg'lık yüklemeyi başarıyla geçmiş ve orta sınıfın son adımı olan 79,45 kg'lık yüklemeye seviyesini tamamlayamamıştır. Dolayısıyla bu birleştirme yerleri de orta sınıf gruba dahil olmuştur.

Tablo 23. L-tipi birleştirme yerlerinin tekrar yorulma testi sonucu başarılı ve başarısız olduğu yüklemeye seviyeleri

Ağaç Türü	Zımba Sayısı	Başarılı Olunan Yük Seviyesi(kg)	Başarısız Olunan Yük Seviyesi(kg)
Kontrol Sarıçam	6	45,4	56,75
	8	56,75	68,1
Kontrol Dişbudak	6	45,4	56,75
	8	68,1	79,45
Isıl İşlem Sarıçam	6	45,4	56,75
	8	56,75	68,1
Isıl İşlem Dişbudak	6	45,4	56,75
	8	56,75	68,1

Tablo 22' ye bakıldığında genel olarak denilebilir ki, GSA'ya göre 8 zımbalı kontrol dışbudak birleştirme yerleri hariç tüm L-tipi birleştirme yerleri hafif kabul grubuna girmektedirler. Burada yalnızca 8 zımbalı kontrol dışbudak L-tipi birleştirme yerleri orta kabul grubuna girmektedir. Ayrıca buradan çıkarılacak en önemli sonuç aynı ağaç türlerinin kontrol ve ısıtıl işlemli türlerinden elde edilen L-tipi birleştirme yerleri aynı yükleme adımını geçmiş ve aynı yükleme adımında başarısız olmuştur. Buradan su sonuç çıkmaktadır. Bir malzeme ısıtıl işlem görse bile statik yüklemelerin aksine uzun vadede kontrol örnekleriyle aynı yorulma yüklemesine dayanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle ısıtıl işlem görmüş bir malzeme yorulma yükü altında aynı ağacın ısıtıl işlem görmemiş haliyle aynı yükleme grubuna dayanabilmektedir. Oysa bu durum statik yükleme altında farklıdır. Bu tez çalışması böyle bir sonucu ortaya çıkarması sebebiyle belki de literatüre önemli bir katkı sağlamış bulunmaktadır. Burada yalnızca ısıtıl işlem görmüş 8 zımbalı birleştirme yerleri kontrol örneklerine göre bir adım geride kalıp başarısız olmuştur.

3.3. Statik Eğilme Testi Ortalama Sonuçlarının ve Yorulma Testi Sonuçlarına Oranı

Sarıçam ve dışbudak örneklerinden oluşturulmuş 6 ve 8 zımbalı L-tipi birleştirme yerlerine ait maksimum eğilme direnç değerlerinin ortalamalarının verildiği Tablo 8' deki değerler N cinsinden olup söz konusu değerler Tablo 23'de hem N hem de kg cinsinden verilmiştir.

Tablo 24. Tüm L-tipi birleştirme yerlerine ait ortalama değerlerin N ve kg cinsinden değerleri

Static Eğilme Değerleri	Zımba Sayısı							
	6				8			
Örnek No	Sarıçam kontrol	Sarıçam ısıtıl işlemli	Dışbudak kontrol	Dışbudak ısıtıl işlemli	Sarıçam kontrol	Sarıçam ısıtıl işlemli	Dışbudak kontrol	Dışbudak ısıtıl işlemli
Ortalama (N)	1010	941	1917	1303	1321	1291	2629	1399
Ortalama (kg)	103	96	195	133	135	132	268	143

Tablo 23’ deki değerler statik eğilme direnci değerleri L-tipi birleştirme yerlerinin tekrarlı yorulma testi sonucu elde edilen başarılan adım sonrası elde edilen değerleriyle karşılaştırılması Tablo 24’ de verilmiştir.

Tablo 25. Ortalama statik eğilme direnci değerleriyle tekrarlı yorulma testi sonucu geçilmesi başarılan adım sonrası elde edilen değerlerle karşılaştırılması

Eğilme Testi Değerleri	Zimba Sayısı							
	6				8			
	Sarı çam kontrol	Sarı çam ısıtıl işlemli	Dişbudak kontrol	Dişbudak ısıtıl işlemli	Sarı çam kontrol	Sarı çam ısıtıl işlemli	Dişbudak kontrol	Dişbudak ısıtıl işlemli
Statik Eğilme Testi Yük Değerleri (kg)	103	96	195	133	135	132	268	143
Yorulma Testi Geçilmiş Adım Değerleri (kg)	45,4	45,4	45,4	45,4	56,75	56,75	68,1	56,75
Oran	2,27	2,11	4,3	2,93	2,38	2,33	3,94	2,52
Genel Oran								2,85

Zhang vd., (2001, 2004, 2006); Wang vd., (2007a, 2007b, 2007c); Demirel, (2012) çalışmalarında mobilya birleştirme yerlerinin eğilme direnci üzerine elde ettikleri ortalama statik test sonuçlarının yorulma testi sonucu elde edilen başarılı sonuçlara oranının 1,6 ile 3 arasında değiştiği görülmüştür. Bu test çalışmasında bu oran genel ortalama olarak 2,85 olduğu ve literatür çalışmalarıyla aynı aralıkta seyrettiği görülmektedir. Ayrıca burada Tablo 24’ de bakıldığında ısıtıl işlemli örneklerden üretilen L-tipi birleştirme yerleri için statik yükleme sonuçlarının yorulma yüklemesi sonuçlarına genel oranı kontrol örneklerinden üretilenlerinkinden daha düşük ve literatürde belirlenen aralık içindeki ortalamaya daha yakın çıkmıştır. Yani ısıtıl işlemli örneklerden 1,6 ila 3 arasında ve 2’ye yakın bir değer elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında iki farklı firmadan elde edilen kontrol ve ısıt işlemleri olmak üzere sarıçam ve dişbudak odunlarından üretilen L-tipi mobilya birleştirme yerlerinin statik eğilme ve tekrarlı yük altında eğilme performansları ele alınmıştır.

Sarıçamlardan 6 ve 8 zımba kullanılarak üretilmiş L-tipi birleştirme yerlerinde gerek kontrol ve gerekse ısıt işlemleri örneklerde statik eğilme direnci değerlerinin istatistiki anlamda bir fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

Dişbudaklardan 6 ve 8 zımba kullanılarak kontrol örneklerinden üretilmiş L-tipi birleştirme yerleri ısıt işlemleri örneklerden üretilmiş birleştirme yerlerinin statik eğilme direnci değerlerinden istatistiksel olarak büyük çıkmıştır.

Yine statik eğilme sonucu zımba sayısının artması gerek kontrol ve gerekse ısıt işlemleri örneklerde eğilme direnci değerlerini artırdığı gözlemlenmiş ancak burada sadece ısıt işlemleri dişbudak örneklerinden elde edilen 8 zımbalı birleştirme yerleri 6 zımbalı birleştirme yerlerine göre matematiksel olarak daha fazla eğilme direnci gösterirken bu değer istatistikî olarak bir önem arz etmemiştir.

Statik eğilme yüklemesi sonucu genel olarak daha yüksek yoğunluklu dişbudaktan üretilmiş birleştirme yerleri daha düşük yoğunluklu sarıçamdan üretilmiş birleştirme yerlerine göre istatistiki anlamda daha yüksek eğilme direnci değeri göstermiştir. Ancak burada yalnızca ısıt işlemleri bu iki ağaç türünden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri arasında istatistiki olarak bir fark görülmemiştir.

Statik test sonucu birleştirme yerlerinin neredeyse tamamında küçük kayıtların büyük kayıtlara göre belli bir açıyla açılması şeklinde olup zımbaların malzemeden çıkması ve küçük kayıtların üstteki delik kısmından çatlaması şeklinde ayrılma biçimi gerçekleşmiştir. Bazı örneklerde büyük kayıtlarda çatlama, çok nadiren de bazı takozlarda çatlama gözlemlenmiştir.

Yorulma yüklemesi altında gerek kontrol ve gerekse ısıt işlemleri olsun neredeyse bütün birleştirme yerleri aynı yükleme seviyesine kadar dayanabilmişler yani kontrol örnekleri devir sayısı olarak daha fazla dayanmış olsalar bile aynı yük altında yıkılmışlardır. Burada yalnızca dişbudak kontrol örneklerinden üretilmiş 8 zımbalı birleştirme yerleri ısıt işlemleri

olanlara göre bir yükleme adımı üst seviyede yorulma testini tamamlamıştır. Diğer bir ifadeyle söz konusu birleştirme yerlerinin kontrol örnekleri ısıtılmalılardan daha dayanıklı sonuç vermiştir. Ancak diğer tüm kontrol ve ısıtılmalı örneklerden üretilmiş birleştirme yerleri aynı servis alanında kullanılabilecek dayanımı göstermiştir. Dolayısıyla yorulma testi sonucu ısıtılmalı ağaç malzemelerin kontrol örneklerine kıyasla onlarla aynı yerde kullanılabileceği bu çalışma sonucunda ortaya çıkan bir neticedir. Yani statik yükleme de karşılaşılan mekanik kaybın uzun vadede oluşan yorulma yüklemesine etkisinin olmayabileceği bu çalışma sonunda ortaya çıkmıştır denilebilir.

Yorulma yükleme sonucu birleştirme yerlerinde oluşan ayrılma biçimleri genel olarak kontrol örneklerinde birleştirme yerlerindeki zımbaların birleştirme yerlerinden çıkması ve kopması şeklinde ayrılma biçimi gözlemlenmiştir. Bazı birleştirme yerlerinde büyük kayıta, bazı birleştirme yerlerinde küçük kayıta çatlama ve ayrılmalar gözlemlenmiştir. Özellikle ısıtılmalı birleştirme yerlerinde parçalanma daha fazla görülmüştür.

Dişbudak ve sarıçamın kontrol ve ısıtılmalı örneklerinden oluşturulan L-tipi birleştirme yerleri için statik eğilme ve tekrarlı yorulma eğilme yüklemesi sonucu elde edilen genel oran 2,85 olarak belirlenmiştir. Ayrıca ısıtılmalı örneklerden elde edilen L-tipi birleştirme yerleri için bu oran kontrol örneklerinden üretilenlere göre literatür çalışmalarında elde edilen oranlara daha yakın sonuçlar vermiştir.

Bu çalışma kapsamında, birleştirme yerleri iç ve özellikle dış ortamlarda kullanılan sandalye ve koltukların oturup kolumuzu yasladığımız köşe kısımlarında ısıtılmalı işlem görmemiş malzeme yerine ısıtılmalı işlem görmüş malzeme kullanabileceğimizi yorulma testleri sonucunda söyleyebiliriz.

5. KAYNAKLAR

- Ahajji, A., Diouf, P., Aloui, F., Elbakali, I., Perrin, D., Merlin, A. ve George, B., 2009. Influence of Heat Treatment on Antioxidant Properties and Colour Stability of Beech and Spruce Wood and Their Extractives, Wood Sci Technol, 43, 69-83.
- ASTM, 2010. D 1761-06. Standard test method for mechanical fasteners in wood, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania.
- Bal, B., C., 2014. Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood, Eur. J. Wood Prod. 72, 61–66.
- Bardak, T., 2016. Nanopartikül Takviyeli Polivinil Asetat (PVA_c) Tutkalı ile Üretilen Mobilya Birleştirmelerinin Mekanik Performansının Belirlenmesi ve Görüntü Analizi, Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Bengtsson, C., Jermer, J. ve Brem, F., 2002. Bending strength of heattreated spruce and pine timber, In: Internation Research Group Wood Proceeding, Section 4- Processes, No.IRG/WP 02-40242.
- Boonstra, M., J., Acker, J., V., Tjeerdsma, B., F. ve Kegel, E., F., 2007. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents, Ann. For. Sci. 64, 679–690.
- Boonstra, M., J., 2008. A Two-Stage Thermal Modification of Wood, Ph.D, Disertation in Cosupervision Ghent University and Universite Henry Poincare - Nancy 1, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1.
- Candelier, K., Dumarçay, S., Petrissans, A., Desharnais, L., Gerardin, P. ve Petrissans, M., 2013a. Comparison of chemical composition and decay durability of heat treated wood cured under different inert atmospheres: Nitrogen or vacuum. Polymer degradation and Stability, 98, 9, 677– 681.
- Candelier, K., Dumarçay, S., Petrissans, A., Gerardin, P. ve Petrissans, M., 2013b. Comparison of mechanical properties of heat treated beech wood cured under nitrogen or vacuum. Polymer degradation and stability, 98, 9, 1762–1765.
- Cismaru, M., 2009. Wood strucures ,Transilvania University Publishing House, Brasov, Romanian.
- Curtu, I., Nastase, V., Mihai, D., Mihailescu, T. ve Stoian O., 1988. Joints in wood: Structure, technology and reliability, Technical Publishing House, Bucharest, Romanian.
- Dai, L. ve Zhang, J., 2007. Fatigue performance of wood composites subjected to edgewise bending stresses, Forest Products Journal, 57, 11, 44-51.

- Demirel, S., 2012. Static and fatigue performance of oriented strandboard as upholstered furniture frame stock, PhD dissertation, Mississippi State University, Starkville, USA.
- Demirel, S. ve Zhang, J., 2014. Bending moment resistance of L-shaped two-gusset-plate furniture joints in oriented strandboard, Wood and Fiber Science, 46, 3, 356-367.
- Eckelman, C., A., 1988b. Performance testing of furniture. Part II. A multipurpose universal structural performance test method, Forest Products Journal, 38, 4, 13-18.
- Eckelman, C., A. ve Zhang, J., 1995. Uses of the General Service Administration performance test method for upholstered furniture in the engineering of upholstered furniture frames. Holz als Roh-und Werkstoff, 53, 1995, 261-267.
- Eckelman, C., A., Haviarova, E., Zui, H. ve Gibson, H., 2001. Considerations in the design and development of school furniture based on local resources, Forest Products Journal, 51, 6, 56-63.
- Esteves, B. ve Pereira, H., 2009. Wood modification by heat treatment: a review. Bioresources, 4, 1, 370-404.
- GSA, 1998, FNAE-80-214A Upholstered furniture test method. General Service Administration, Furniture Commodity Center, Federal Supply Services, Washington, D.C.
- Georgescu, S. ve Bedeleian, B., 2017. Effect of Heat Treatment on Compressive and Tensile Strength of End to Edge Butt Joint, Pro Ligno, 13, 4, 500-507.
- Gündüz, G., Korkut, S. ve Korkut, D., S., 2008. The effects of heat treatment on physical and mechanical properties and surface roughness of Camiyani Black Pine wood, Bioresour Technol, 99, 2275-2280.
- Diler, H., Acar, M., Balıkçı, E., Demirci, S. ve Erdil, Y., Z., 2017. Withdrawal Force Capacity of T-Type Furniture Joints Constructed from Various Heat-treated Wood Species, BioResources, 12, 4, 7466-7478.
- Ebner, M. ve Petutschnigg, A., J., 2007. Potentials of thermally modified beech (*Fagus sylvatica*) wood for application in toy construction and design, Materials and Design, 28, 1753-1759.
- Hannouz, S., Collet, R., Butaud, J., C., Bleron, L. ve Candelier, K., 2015. Mechanical characterization of heat-treated ash wood in relation with structural timber standards, Pro Ligno, 11, 2.
- Hill, C., A.S., 2006. Wood Modification Chemical Thermal and Other Processes, John Wiley ve Sons, Ltd., ISBN 0-470-02172-1, England.
- İçel, B., Güler, G., İşleyen, O., Beram, A. ve Mutlubaş, M., 2015. Effects of Industrial Heat Treatment on the Properties of Spruce and Pine Woods, BioResources, 10, 3.

- Kalaycı, G., 2019. Farklı Ağaç Türlerinden Elde Edilmiş Tek ve Çift Sıra Birleştirme Yerlerinin Yanal Makaslama Direnç Değerlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kamdern, D., P., Pizzi, A. ve Jermannaud, A., 2002. Durability of heattreated wood, Holz als Roh- und Werkstoff, 60, 1–6.
- Kass A., Wangaard F.F., Schroeder H.A., Chemical degradation of wood: the relationship between strength retention and pentosan content, Wood ve Fiber Science 2 (1970) 31–39.
- Kaygın, B., Gündüz, G. ve Aydemir, D., 2009. The Effect of Mass Loss on Mechanic Properties of Heat-Treated Paulownia Wood, Wood Research, 54, 2, 101-108.
- Kocaefe, D., Poncsak, S.ve Boluk, Y., 2008. Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen, Bioresources, 3, 2, 517-537.
- Kol, H., S., Sefil, Y. ve Keskin, S., A., 2015. Effect of heat treatment on the mechanical properties, and dimensional stability of fir wood, Proceedings of the 27th International Conference Research for Furniture Industry, Turkey.
- Kuzman, M., K., Kutnar, A., Ayrılmış, N. ve Kariz, M., 2015. Effect of heat treatment on mechanical properties of selected wood joints, European Journal of Wood and Wooden Products, 73, 689-691.
- LeVan, S., L., Ross, R., J. ve Winandy, J., E., 1990. Effects of fire retardant chemicals on bending properties of wood at elevated temperatures, Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Res. Pap. FPL-RP-498, 1990.
- Mayes, D. ve Oksanen, O., 2002. ThermoWood Handbook, Finnforest, Finland.
- Mburu, F., Dumarçay, S., Bocquet, J., F., Petrisans, M. ve Gerardin, P., 2008. Effect of chemical modifications caused by heat treatment on mechanical properties of Grevilla robusta wood, Polim Degrad Stab, 93, 401–405.
- Metsa-Kortelainen, S. ve Viitanen, H., 2009. Decay resistance of sapwood and heartwood of untreated and thermally modified scots pine and norway spruce compared with some other wood species, Wood Material Science and Engineering, 4, 3-4, 105–114.
- Negreanu, C., 2003. Contributions to the study of dowel joints that are used in the structure of furniture made of solid wood, Ph.D Thesis, Transilvania University of Brasov, Romanian.
- Özçifçi, A., Altun, S. ve Yapıcı, F., 2009. Effects of heat treatment on technological properties of wood, In 5th International Advanced Technologies Symposium (IATS'09), 1171-1175.

- Perçin, O., 2016. Determination of Screw Withdrawal Strength of Heat-Treated and Reinforced Laminated Veneer Lumber, BioResources, 11, 1, 1729-1740.
- Ratnasingam, J., Perkins, M. ve Reid, H., 1997. Fatigue: its relevance to furniture, Holz Roh- und Werkst, 55, 297–300.
- Ratnasingam, J. ve Ioras, F., 2011a. Fatigue strength and design stress of oil palm wood for furniture application, Eur J Wood Prod, 69, 507–509.
- Ratnasingam, J. ve Ioras, F., 2011b. Bending and fatigue strength of mortise and tenon furniture joints made from oil palm lumber, Eur J Wood Prod, 69, 677–679.
- Ratnasingam, J. ve Ioras, F., 2013. Load-bearing characteristics of heat-treated rubberwood furniture components and joints, Eur J Wood Prod, 71, 2, 287-289.
- Santos, J., 2000. Mechanical behaviour of Eucalyptus wood modified by heat, Wood Science Technology 2000, 34, 39–43, Syrianen and Kangas.
- Stamm, A., J., 1956. Thermal Degradation of Wood and Cellulose, Ind. Eng. Chem., 48, 413–417.
- Sundqvist, B., 2004. Colour Changes and Acid Formation in Wood During Heating, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Skelleftea Campus, Division of Wood Material Science, ISSN 1402-1544, Skelleftea-Sweden.
- Tankut, N., Tankut, A., N. ve Zor, M., 2014. Mechanical properties of heattreated wooden material utilized in the construction of outdoor sitting furniture, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38, 1, 148-158.
- Tjeerdsma, F., B., 2006. Heat Treatment of Wood: Thermal Modification, University of Limerick, Coford Seminar on Wood Modification, Opportunites and Challenges, Dublin, Ireland.
- Tu, C., 2010. Tensile, moment, and torsional resistance evaluation and prediction of mortise-and-tenon joints in wood-based composites, MS, Mississippi State University.
- URL-1,
https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.thermowood.palvelee.fi/downloads/tw_handbook_080813.pdf 08 Nisan 2020
- URL-2, <http://www.sabittuncel.com/thermowood/>. 08 Nisan 2020
- URL-3,
<https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.thermowood.palvelee.fi/uutiset/Producti-onstatistics2019.pdf> 08 Nisan 2020
- Viitaniemi, P., 2000. New properties for thermally-treated wood, Industrial Horizons, March, 9.

- Wang, X., Salenikovich, A., Mohammad, M., Knudson, R., M. ve Zhang, J., 2007a. Fatigue bending resistance of metal-plated joints constructed of oriented strandboard for upholstered furniture frames, Forest Prod. J., 57, 11, 59-63.
- Wang, X., Salenikovich, A., Mohammad, M., Echavarriar, C. ve Zhang, J., 2007b. Moment capacity of oriented strandboard gusset-plate joints for upholstered furniture, Part 1: Static load. Forest Prod. J., 57, 7-8, 39-45.
- Wang, X., Salenikovich, A., Mohammad, M., Echavarriar, C. ve Zhang, J., 2007c. Moment capacity of oriented strandboard gusset-plate joints for upholstered furniture. Part 2: Fatigue load. Forest Prod. J., 57, 7-8, 46-50.
- Winandy, J., E., 1990. Effects of fire retardant treatments after 18 months of exposure at 150 °F (66 °C), Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Res. Note FPL-RN-0264, 1995.
- Yıldız, S., Çolakoglu, G., Yıldız, Ü., C., Gezer, E., D. ve Temiz, A., 2002. Effects of heat treatment on modulus of elasticity of beech wood In: Proceedings of international research group on wood protection IRG/WP 02-40222, Cardiff, Wales, UK.
- Yıldız, S., Gezer, E., D. ve Yıldız, Ü., C., 2006. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat, Building and Environment, 41, 12, 1762-1766.
- Zhang, J., Quin, F. ve Tackett, B., 2001. Bending fatigue life of two-pin dowel joints constructed of wood and wood composites, Forest Prod. J., 51, 10, 73-78.
- Zhang, J., Li, G. ve Sellers Jr., T., 2003. . Bending fatigue life of two-pin dowel joints in furniture grade pine plywood, Forest Products Journal, 53, 9, 33-39.
- Zhang, J., Chen, B. ve Daniewicz, S., R., 2004. Fatigue performance of wood-based composites as upholstered furniture frame stock. Forest Prod. J., 55, 6, 53-59.
- Zhang, J., Yu, Y. ve Quin, F., 2006. Bending fatigue life of metal-plate-connected joints in furniture-grade pine plywood, Forest Products Journal, 56, 11-12, 62-66.
- Zor, M., 2011. Bahçe Oturma Mobilya Konstrüksiyonlarında Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemenin Kullanım İmkanlarının Mühendislik Tasarımı Yaklaşımıyla İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini Mersin’de tamamladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü kazandı ve 1. öğretim bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

