

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Sarıçam, Kızılağaç, Kayın Ağaçlarından Elde Edilen Mobilya Birleşme Yerlerinin Sünme Özelliklerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr.Öğr.Üyesi Samet DEMİREL’ e, yine çalışmanın yürütülmesi sırasında değerli fikir ve görüşleri ile beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Dr.Öğr.Üyesi Önder TOR ve tez çalışmam sırasında bana her aşamada destek sağlayan değerli arkadaşım Gamze KALAYCI’ ya teşekkür ederim.

Son olarak, beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan babam İsmail BAŞ, annem Huriye BAŞ ve kardeşlerime müteşekkir olduğumu belirtmek isterim.

Seda BAŞ
Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak ‘‘Sarıçam, Kızılağaç, Kayın Ağaçlarından Elde Edilen Mobilya Birleşme Yerlerinin Sünme Özelliklerinin İncelenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL’in sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, 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.

17/06/2019

Seda BAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. Kullanılan Ağaç Malzemeler.....	1
1.1.2. Birleştirme Yeri	3
1.1.2.1. Mobilya Birleştirme Biçimleri.....	4
1.1.2.1.1. Lamba-Zıvana Birleştirme Yöntemi.....	4
1.1.2.1.2. Kavelalı Birleştirme Yöntemi.....	4
1.1.2.1.3. KırLangıç Kuyruğu Birleştirme Yöntemi.....	5
1.1.2.1.4. Parmak Dişli Birleştirme Yöntemi	5
1.1.2.1.5. Trapez Bağlantı Elemanları ile Birleştirme Yöntemi.....	5
1.1.2.1.6. Ay Bağlantı Elemanları ile Birleştirme Yöntemi	5
1.1.2.1.7. Minifiks Bağlantı Elemanları ile Birleştirme Yöntemi	6
1.1.3. Zımbalı Takozlu Birleştirmeler	7
1.1.4. Birleştirme Yerlerinin Statik ve Sünme Dayanımları.....	8
1.1.4.1. Statik Dayanım	8
1.1.4.2. Sünme	9
1.1.5. Literatür Araştırması.....	13
2. MATERYAL VE METOT	17
2.1. Materyal.....	17
2.2. Metot.....	18
2.2.1. Statik Çekme Testi.....	18
2.2.2. Sünme Testi	19

2.2.2.1.	Sehim Ölçümü	20
2.2.3.	İstatistiksel Analiz	21
2.2.4.	Diğer Hesaplamalar	21
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
3.1.	Statik Makaslama Testi.....	22
3.2.	Sünme Testi Deformasyon ve Zaman Grafikleri.....	27
3.2.1.	Kayın Birleştirme Yerleri	27
3.2.2.	Kızılağaç Birleştirme Yerleri.....	42
3.2.3.	Sarıçam Birleştirme Yerleri.....	59
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	84
5.	KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

SARIÇAM, KIZILAĞAÇ, KAYIN AĞAÇLARINDAN ELDE EDİLEN MOBİLYA
BİRLEŞME YERLERİNİN SÜNME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Seda BAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Samet Demirel
2019, 90 Sayfa

Bu tez çalışmasında sarıçam, kızılağaç ve kayın ağaçlarından üretilmiş tek zımbalı mobilya birleştirme yerlerinin üç farklı yük seviyesi altındaki sünme özellikleri ele alınmıştır. Yük seviyeleri sünme yükü öncesi gerçekleştirilen statik makaslama testi sonucu elde edilen maksimum yükün % 30, % 40 ve % 50 si olarak belirlenip birleştirme yeri örneklerine uygulanmıştır. Laboratuvar test sonuçları yoğunluğu en düşük sarıçamdan üretilmiş birleştirme yerlerinin sünme deformasyonunu en yüksek olarak gösterirken yoğunluğu en yüksek olan kayın ağacından üretilen birleştirme yerlerinin sünme deformasyonunu en düşük olarak göstermiştir. Bunun yanında birleştirme yerleri % 30 yük seviyesinde en düşük % 40 yük seviyesinde orta ve % 50 yük seviyesinde en fazla sünme deformasyonuna maruz kalmıştır. Sünme testi sonucu sarıçam, kızılağaç ve kayından üretilen tek zımbalı birleştirme yerlerinde oluşan deformasyon, sünme testi öncesi gerçekleştirilen statik makaslama direnci sonucu birleştirme yerlerinde oluşan deformasyonun sırasıyla ortalama % 2,74, % 3,71 ve % 4,37'si olarak belirlenmiştir. Ayrıca tek zımbalı bir ağaç malzeme birleştirme yerinin % 30, % 40 ve % 50 yük seviyeleri altındaki ortalama sünme deformasyon değeri bu çalışma sonucu % 3,61 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zımba, Birleştirme yeri, Sünme, Sarıçam, Kızılağaç, Kayın.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATING THE CREEP PROPERTIES OF FURNITURE JOINTS
CONSTRUCTED FROM SCOTCH PINE, ALDER, BEECH WOOD

Seda BAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Samet Demirel
2019, 90 Pages

In this master thesis, creep properties of one-staple furniture joints constructed from scotch pine, alder and beech wood were investigated under three different load levels. The load levels were determined as 30 %, 40 % and 50% based on the results of lateral shear test before creep loading and the wood joints subjected to these load levels. Laboratory test results indicated that the joints constructed from scotch pine with the lowest density showed the highest creep deformation while the joints constructed from the beech wood with the highest density showed the lowest creep deformation. Additionally, the wood joints showed the lowest creep deformation under the load level of 30%, a greater creep deformation under the load level of 40% and the greatest creep deformation under the load level of 50%. As a result of the creep test, the creep deformation ratios of the one-staple joints produced from scotch pine, alder and beech to the deformation at the joining points as a result of the static shear resistance test of the joints before the creep test were determined as 2.74%, 3.71%, 4.37% and 3.37%. In addition, the mean creep deformation value of the one-staple wood joints under the load level of 30%, 40% and 50% compared to initial static loading was determined as 3.61%.

Key Words: Staple, Joints, Creep, Scotch Pine, Alder, Beech.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Üç kişilik koltuk iskeleti	3
Şekil 2. Koltuk iskelet sistemi.....	6
Şekil 3. Elastik deformasyon grafiği.....	8
Şekil 4. Plastik deformasyon grafiği	9
Şekil 5. Sünme testi sonucu oluşan deformasyon grafiği	10
Şekil 6. Her bir ağaç türünden oluşturulmuş birleştirme yerlerinin görüntüsünü ele almaktadır; a) sarıçam, b) kızılğaç, c) kayın	18
Şekil 7. Tek zımbalı sarıçam birleştirme yerine ait statik çekme testi.....	19
Şekil 8. Sünme testinin gerçekleştirildiği düzenek	20
Şekil 9. 0,001 Hassasiyetli Komparatör (mm).....	21
Şekil 10. 1 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	28
Şekil 11. Birleştirme yerine ait ayrılma modu; a) ağaç malzemeden ayrılmış zımba, b) zımbanın ağaç malzemeden çıkarken oluşturduğu tahribat.....	29
Şekil 12. 2 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	30
Şekil 13. 3 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	31
Şekil 14. 1 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği.....	32
Şekil 15. Sünme testi sonucu zımba ayrılma modu	33
Şekil 16. 2 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	34
Şekil 17. 3 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	36
Şekil 18. 1 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	38

Şekil 19.	2 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	39
Şekil 20.	3 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	41
Şekil 21.	1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	43
Şekil 22.	2 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	45
Şekil 23.	3 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	47
Şekil 24.	1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	48
Şekil 25.	2 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	50
Şekil 26.	3 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	52
Şekil 27.	1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	54
Şekil 28.	2 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	56
Şekil 29.	3 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	58
Şekil 30.	1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	60
Şekil 31.	2 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	62
Şekil 32.	3 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	64
Şekil 33.	1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	66

Şekil 34.	2 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	68
Şekil 35.	3 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	70
Şekil 36.	1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	72
Şekil 37.	2 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	74
Şekil 38.	3 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği	76
Şekil 39.	Stress-strain grafiği	77
Şekil 40.	1. Gün sonu sünme verileri sonucu yük seviyeleri ile ağaç türleri arasındaki deformasyon ilişkisi	78
Şekil 41.	30. Gün sonu sünme verileri sonucu yük seviyeleri ile ağaç türleri arasındaki deformasyon ilişkisi	80

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Birleştirme yeri üyelerine ait fiziksel özellikler.....	17
Tablo 2. Maksimum statik uzama miktarları	22
Tablo 3. Her bir ağaç türünden elde edilen birleştirme yerlerinin statik makaslama değerleri	23
Tablo 4. Her bir ağaç türünden elde edilen statik çekme değerlerinin ortalama değerleri (N ve Kg cinsinden) ve istatistiksel olarak kıyaslanması	24
Tablo 5. Sünme testinde kullanılacak statik yük direnç değerlerinin yüzdeleri	24
Tablo 6. Her bir ağaç türünden elde edilen birleştirme yeri için belirlenen sünme testi değerleri.....	25
Tablo 7. Üç farklı ağaç türünden hazırlanmış her bir birleştirme yerine ait sünme testi sonucu testlerin sürdüğü gün sayıları	26
Tablo 8. Birleştirme yerlerine ait ilk gün sünme deformasyonları	78
Tablo 9. Ortak gün sayısı baz alınarak her bir yük seviyesi için elde edilmiş ortalama sünme değerleri.....	79
Tablo 10. 1. gün sonunda elde edilen sünme deformasyon verileri kullanılarak oluşturulan ANOVA değerleri.....	81
Tablo 11. 30. gün sonunda elde edilen sünme deformasyon verileri kullanılarak oluşturulan ANOVA değerleri.....	81
Tablo 12. Ağaç malzemelerin sünme değerlerinin kıyaslanması.....	81
Tablo 13. Yükleme seviyelerinin sünme değerlerinin kıyaslanması	82
Tablo 14. Sünme uzamalarının statik makaslama uzamasının yüzdesi cinsinden değerleri	83

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Mobilya, yapı olarak birden fazla materyalin çeşitli metotlarla birleştirilmesi sonucu meydana gelen, bu sırada bir takım özellikler ve fonksiyonlar kazanan bir sistem bütünüdür. Bu amaçla bir mobilyanın, kalitesini ve performansını belirleyen faktörleri sıralarken yapımında kullanılan malzemenin kalitesi ve iyi bir işçilik yanında kullanım amacına uygun özelliklerde tasarımını ve mobilyanın yapım sırasında kazandığı çeşitli özellik ve fonksiyonları da belirtmek gerekmektedir (Demirel, 2013).

Türkiye mobilya endüstrisinin geçmişi 19. yüzyıla kadar dayanmakta olup bu dönemde küçük ölçekli firmalarda üretim yapılmaktaydı. Zamanla bu sektör, globalleşmeden dolayı sermayesi yoğun ve teknoloji kullanan birer üretim alanı haline geldi (Altay ve Gürpınar, 2008). Günümüzde Türkiye’de mobilya hem küçük ölçekli firmalarda hem de büyük ölçekli üretim yapan firmalarda üretilmektedir (Toksarı, 2004). Mobilya üretiminde önemli bölgeler, toplam üretimdeki paylarına göre başta İstanbul olmak üzere Ankara, Bursa(İnegöl), Kayseri, İzmir ve Adana olarak sıralanmaktadır (Sakarya ve Doğan, 2016)

1.1.1. Kullanılan Ağaç Malzemeler

Mobilya endüstrisinde masif ve ağaç kaplama levha olarak çeşitli ağaç türlerinden yararlanılmaktadır. Son yıllarda uluslararası ticarete hammadde kıtlığı nedeni ile sıkıntılar görülmeye başlanmış olup üretimde, ağaç malzemenin kullanımında değişen moda koşulları ve tercih edilen ağaç malzemenin piyasada bulunup bulunmaması veya temin edilmesinde güçlüklerle karşılaşılması gibi nedenlerden dolayı zamanla değişiklikler görülmüştür. Öyle ki, ülkemizde önceden bol miktarda bulunan Karaağaç (*Ulmus spp*) mobilya üretiminde kullanılmış, daha sonra ise yeterince temin edilememesi nedeniyle Doğu Kayını (*Fagus orientalis*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Kızılağaç (*Alnus spp*), Ceviz (*Juglans nigra*), Meşe (*Quercus spp*), Dişbudak (*Fraxinus spp*), Kestane (*Castanea spp*), Akçaağaç (*Acer spp*), Ihlamur (*Tilia spp*), Ladin ve Porsuk gibi ağaç türlerinin kullanımına gidilmiştir. Yukarıda belirtilen geniş yapraklı ağaç türleri içerisindeki kayın ve beyaz meşeler ile ibrelili ağaç türlerinden ladin ve çamdan geniş ölçüde yararlanılmaktadır. Diğer

ağaç türlerinin temini zor olduğundan ötürü onlar daha çok özel siparişler ve kaplama yapımında tercih edilmektedir (Kurtoğlu, 1984).

İnsanların kişisel istek ve gereksinimlerinin karşılanması, kimi sektörel alanların zoraki ağaç malzeme kullanması sonucu doğal malzemelerin azalması, bazı olumsuzluk ve eksikliklerin doğmasına sebep olmuştur. Günümüz mobilya endüstrisinde sınırlı olan kaynaklar ile sınırsız olan insan ihtiyacı, üreticileri farklı alternatifler üretmeye zorlamıştır. Geçmişte mobilya üretiminde sıkça tercih edilen Karaağaç, Ceviz, Meşe gibi ağaç türleri günümüzde piyasada az miktarda bulunmaktadır. Bu durumla başa çıkmaya çalışan mobilya üreticileri ise bu ağaçlara karşı alternatif arayışlar içerisine girmiştir. Bundan dolayı bu çalışmada, günümüzde tedarigi kolay olan ve alternatif olarak mobilya üretiminde, son zamanlarda sıkça kullanılmaya başlanan Kayın, Sarıçam ve Kızılağaç odunlarından elde edilmiş mobilya birleştirme yerleri üzerine çalışılmıştır.

Kayın ağacı odunu, yük ve deformasyonlara karşı direnç gerektiren yerlerde özellikle iskemle, koltuk, ofis mobilyaları, okul mobilyaları yapımında ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kasal vd., 2015). Aynı zamanda çok iyi cilalanabilmekte ve üzerine pahalı, piyasada az bulunan değerli ağaçların tekstürü cila ve boya ile modifiye edilebilmektedir. Keza bu ağaç türü direnci, sertliği ve eğilme özelliklerinin uygunluğu sebebiyle piyasada tercih edilen bir tür olarak yerini almaktadır (Kurtoğlu, 1984).

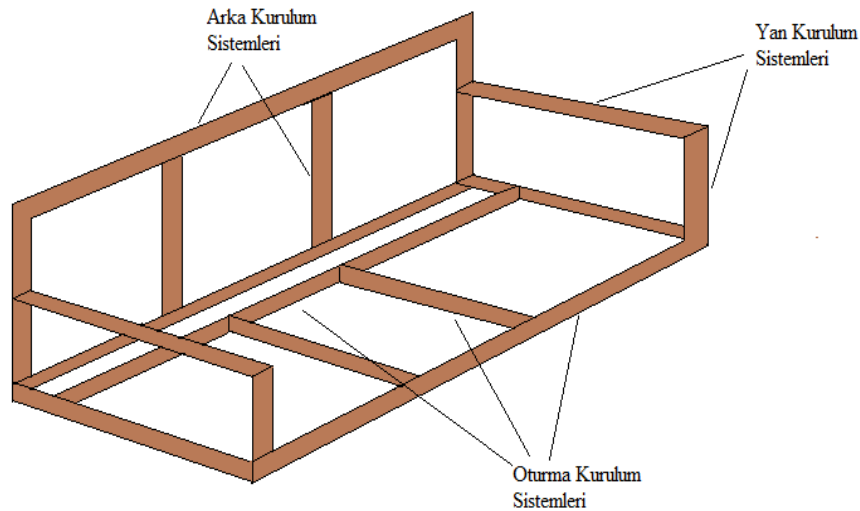
Sarıçam odununun yoğunluğu, yapraklı ağaçlara oranla daha düşük olmasına rağmen eğilme, çekme ve basınç dirençleri oldukça yüksektir (Efe, 2011). Ülkemizde tedarik edilebilmesi açısından avantajlı olan sarıçam kasa, çerçeve, çekmece, mutfak, sandalye, masa konstrüksiyonları ve kaplama gibi ürünlerin olduğu mobilya endüstrisinde çokça kullanılmaktadır. Sarıçam odunu, mobilya endüstrisinde tercih edilmek için bilhassa aranan yumuşak bir dokuya sahip olması, ağacın işlendiğinde estetik olarak güzel ve hoş bir renk vermesi, hafifliği, iyi çivi tutma özelliğine sahip olması, kolay şekil alması, cilanın ağaca kolay nüfuz etmesi gibi özellikleri barındırdığından ötürü günümüzde mobilya endüstrisinde sıkça tercih edilen bir ağaç türü olarak varlığını sürdürmektedir (Toker,1960).

Ülkemizin ve özellikle de Doğu Karadeniz Bölgemizin asli ağaç türlerinden biri olan kızılağaç, hızlı gelişme özelliği gösteren ve sulak yerlerde dahi yetişebilen, suya dayanıklı bir ağaç türüdür. Hammadde ihtiyaçlarının karşılanması için farklı arayışlar içerisine girilmesiyle birlikte kızılağaç odunu, bölge halkının geleneksel odun hammaddesi gereksinimlerinin temini yanı sıra, toprak muhafazasında, erozyonun önlenmesinde ve

hatta mobilya endüstrisi gibi odun kaynaklı sanayiler için gelir getiren ağaç türlerinden biri olup, ülkemizde vazgeçilmez bir öneme sahiptir (Akyüz, 1999). Üreticiye kısa bir zamanda gelir sağlaması ve endüstride yaygın bir kullanım alanına sahip olması bu ağaç türünü başlıca ön plana çıkaran özelliklerdendir. Kullanım alanlarına bakıldığında; kızılâğaç odununun iyi işlenebilmesinin yanı sıra, soyma sanayinde, yonga levha üretiminde, mobilyacılıkta masif malzeme olarak, kalem üretimi endüstrisinde, ambalaj endüstrisinde, emprenye edildiğinde çit kazığı olarak, inşaat sektöründe (kalıpcılıkta direk olarak) yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Orta yoğunluk ve çalışması bakımından yukarıda belirtilen amaçlar dışında ve daha çok kontrplak üretiminde kullanılmaktadır (Bozlar, 2014).

1.1.2. Birleştirme Yeri

Üç kişilik koltuk iskeleti, şekil 1 'de gösterildiği gibi üç temel yapısal alt sistemden oluşur: oturma kurulum sistemleri, arka kurulum sistemleri ve yan çerçeve sistemleri. Bir koltuğun ana kurulum sistemindeki temel yapı elemanları ön ve arka kayıtlar, ön ve arka yaylar (bandajlar) ve gergilerdir. Yan iskelet sistemindeki yapısal elemanları; ön dikmeler, arka kol kayıtları ve yan alt kayıtlardır. Koltuğun arka kısmında yer alan kurulum sistemindeki ana yapısal elemanlar ise arka üst kayıtlar, arka dikmeler ve arka kayıtlardır.



Şekil 1. Üç kişilik koltuk iskeleti

Döşemeli bir mobilya çerçevesinin sağlamlık performansı, büyük ölçüde yapısal elemanlarını bir arada tutan birleştirme yerlerine bağlıdır.

1.1.2.1. Mobilya Birleştirme Biçimleri

Mobilya konstrüksiyonların da birleştirme yapmak amacıyla çeşitli bağlantı elemanları ve bağlantı teknikleri kullanılmaktadır. Ana birleştirme tekniklerinden olan lamba-zıvana ve kavela gibi geleneksel birleştirme tekniklerinin yanında dönüşümlü bağlantı sağlamak amacıyla kullanılan mekanik bağlantı elemanları da kullanılır. Metal bağlantı elemanlarından; trapez bağlantı elemanları, minifiks bağlantı elemanları, köşe bağlantı elemanları, rafix ve pipo bağlantı elemanları ve ay bağlantı elemanları mobilya konstrüksiyonlarında birleştirme esnasında sıkça kullanılan bağlantı elemanlarıdır.

1.1.2.1.1. Lamba-Zıvana Birleştirme Yöntemi

Lamba ve zıvana bağlantısı birden çok yapı elemanının birbiriyle birleşmesiyle oluşan bir yöntemdir. Çoğunlukla aşırı yükleme etkisinde kalan parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Lamba-zıvanalı birleştirme yerlerinde parçaların birbirine kalınlığı 1/3'ü kadar genişlikte, 1/2 'si kadar derinlikte olup kınışların kenarları hafif eğimli açılmıştır (Kurtoğlu, 1993).

1.1.2.1.2. Kavelalı Birleştirme Yöntemi

Bu birleştirme tipi daha çok rutubetli yerlerde, bilhassa mutfak, banyo, bahçe mobilyalarında yapraklı ağaç odunlarının birleştirilmesi işleminde kullanılır. Kavelaların gireceği deliğin çapı söz konusu malzemenin kalınlığının 1/3'ü kadar olmalıdır. Kavelalar arası uzaklık en az 20-25cm olmalıyken kavela boyu kavelanın uygulanacağı malzeme kalınlığının en az iki katı olmalıdır. Ayrıca kavela çapı malzeme kalınlığının 1/2'si ile 1/3'ü arasında ayarlanmalıdır.

1.1.2.1.3. Kırılmaç Kuyruğu Birleştirme Yöntemi

Bu birleşme yeri özellikle iç mimari alanında çekmeye maruz kalan malzemeler için tercih edilir. Kırılmaç kuyruğu çoğunlukla ön plana çıkan mobilya kısımlarında kullanılır. Estetiksel olarak göze güzel görünmesi, bu birleştirme yerinin cazip hale getiren özelliklerden biridir.

1.1.2.1.4. Parmak Dişli Birleştirme Yöntemi

Parmak dişi tipli birleştirmeler ucu sivri ve küt görünümlü olmak üzere iki farklı şekilde üretilmekte ve kullanılmaktadır. Daha çok hassas birleştirmeler için kullanılır. Parmak dişi açıları 20°-30° arasında değişir. Dişi sayısının artmasıyla yüzeye bağlanma oranı daha yüksek olacağından kullanılan masif malzemenin direnci %70-85 oranında bir artış gösterir.

1.1.2.1.5. Trapez Birleştirme Elemanları ile Birleştirme Yöntemi

Bu bağlantı elemanları komple metal veya metal/plastikten kombinasyonundan elde edilmiş çoğunlukla kutu tiplidir ve sökölüp takılabilen mobilyaların birleştirilmesinde kullanılırlar. Bu tip bağlantı elemanlarının birleştirme sonucunda iyi sonuç verdiği, malzemenin direncini arttırdığı bilinmektedir (Efe ve İmirzi, 2007)

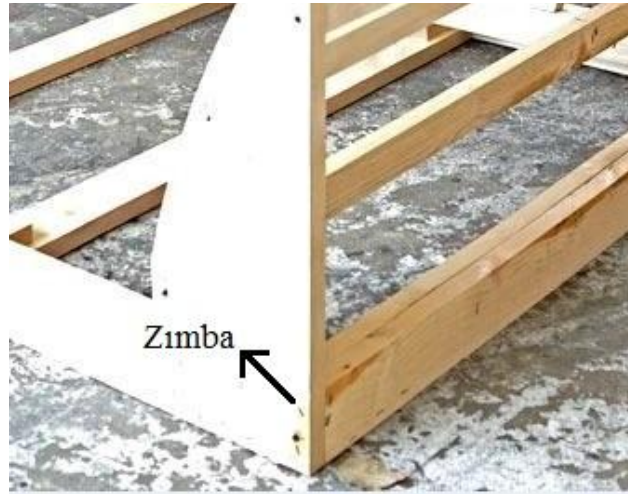
1.1.2.1.6. Ay Bağlantı Elemanları ile Birleştirme Yöntemi

Ay bağlantı elemanları çelik saçtan üretilmiş olup eksantrik sistemleri sayesinde bağlantı sağlarlar. Bu bağlantı elemanlarının dolap köşelerinin çektilererek birleştirilmesinde ve karyola yan kayıtlarının baş ve ayakucu tablalarıyla birleştirilmesinde sıkça kullanıldığı bilinmektedir.

1.1.2.1.7. Minifiks Bağlantı Elemanları ile Birleştirme Yöntemi

Minifiks (rastex) bağlantı elemanları merkezden kaçırılmış noktaların meydana getirdiği kavisli bir çizgiden oluşan silindirik bir elemanın bir ucu vidalı, diğer ucu özel form ve şekilli bir başka elemanı sıkması esasına göre çalışan metal, metal alaşımı ve plastik malzemeden yapılan bağlantı elemanlarıdır.

Döşemeli bir mobilya çerçevesinin sağlamlık performansı, büyük ölçüde yapısal elemanlarını bir arada tutan birleştirme yerlerine bağlıdır. Mobilya konstrüksiyonların da birleştirme yapmak amacıyla çeşitli bağlantı elemanları ve bağlantı teknikleri kullanılmaktadır. Trapez bağlantı elemanları, minifiks bağlantı elemanları, köşe bağlantı elemanları, rafix ve pipo bağlantı elemanları ve ay bağlantı elemanları mobilya konstrüksiyonlarında birleştirme esnasında sıkça kullanılan bağlantı elemanlarıdır. Bu çalışmada diğer bir önemli bağlantı elemanı olan zımba üzerine odaklanılmıştır. Zımbanın mobilya iskeletini oluşturan parçaları birbirine bağlaması, döşemeli mobilya imalatında en yaygın kullanılan birleştirme yöntemlerinden biri olduğu bilinmektedir (Demirel vd., 2013 2014 2018). Şekil 2, koltuk iskeletinin ön kayıtının, koltuk dikmesine 45 derece açı ile uygulanan zımba ile birleştirildiğini gösteren bir örnek olup bu birleştirme yerinin oturma esnasında yanal yüklere maruz kaldığı bilinmektedir (GSA, 1998).



Şekil 2. Koltuk iskelet sistemi

1.1.2.1.8. Zımbalı Takozlu Birleştirmeler

Zımbalı takozlu birleştirmeler, bir mobilya iskelet yapısında iki elemanın bir takoz ve bu takoz üzerinden bu iki elemana zımbaların dikine uygulanması yardımıyla bağlandığı birleştirmeler olarak tanımlanabilir. Takoz, metal olabildiği gibi ahşap ya da kontrplak gibi ahşap esaslı kompozitler de olabilir. Metal takozlar, elemanları kancalı metal takozlar ya da dişli metal takozlar olarak; dişleriyle veya kancalarıyla tutunarak birleştirilebilir (Wilkinson, 1984).

En popöler ahşap takoz malzemelerinden biri ise kontrplaktır. Kontrplak, mükemmel bir makaslama direncine sahip olduğundan dolayı genellikle takoz olarak kullanılır (APA, 1997). Zımbalar, otomatik havalı zımba makineleri ile hızlı ve kolay bir şekilde monte edebilmesinden dolayı döşeme mobilyalarında yapısal elemanların birleştirilmesinde en sık kullanılan metal bağlantı elemanlarından biridir (Zhang vd., 2002). Takozlu birleştirmelerin yaygın olarak iki fiziksel görünümü döşenmiş mobilya endüstrisinde kullanılır. Bunlardan bir tanesi iki parçanın üzerine yalnızca bir tane geniş takoz uygulanması iken bir diğeri ise iki parçanın üzerine altlı üstlü iki adet dar takozun uygulanması şeklindedir.

Takozla birleştirmeler, döşemeli mobilya iskelet yapısında ön dikme ile alt kayıtn birleştiği yerler gibi yüksek gerilimli (fazla yüke maruz kalan) yerleri birleştirir; çünkü zımba ile birleştirilmiş takozlu birleştirmeler yüksek oranda makaslama direnci kapasitesine sahiptir. Metal bağlantı elemanları olarak zımbalar, özellikle mobilya iskeletindeki kullanımları esnasında doğrudan çekme kuvvetlerinden ziyade yatay çekme ve basma (makaslama) kuvvetlerine karşı koyarlar (Zhang, 2005). Bu nedenle, zımbalı takozlu birleştirilmiş birleştirme yerinin yanal çekme ve basma direnci, kullanılan ağaç malzemeye ve o ağaç malzemenin zımbayı tutabilme performansına bağlıdır. Bu konuda yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle zımba ile birleştirilmiş ağaç malzemelerden üretilen takozlu birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci ve buna bağlı olarak sünme değeri ile yapılmış çalışmalar yok denecek kadar azdır. Ağaç malzemedен elde edilmiş birleştirme yerlerinin sünme deformasyonunu takip ettiğimiz bu çalışma literatürdeki kendine has ilk çalışmalardan biri olması nedeniyle önemli yer edinecektir.

1.1.4. Birleştirme Yerlerinin Statik ve Sünme Dayanımları

1.1.4.1. Statik Dayanım

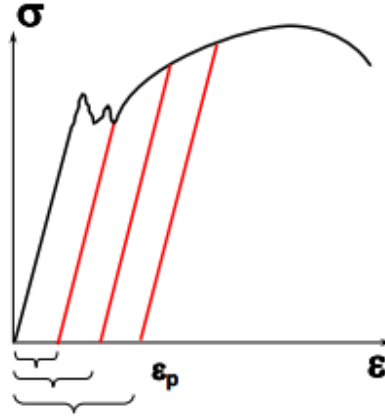
Masif veya ahşap bazlı malzemelerin, moment direnci, eğilme dayanımı, sertlik, direk ve yanal makaslama dayanımı olan statik dirençleri ölçmek için statik testler yapılır. Malzemelerde yıkımlama olana kadar test örneğine yük uygulanır. Statik testlerde yük, malzemeye kademeli olarak uygulanır, maksimum değere ulaşır ve sonrasında malzeme deforme olur.

Elastik deformasyon, dış kuvvetler tarafından yönlendirilen bir sistemde; onu hacim ve şeklini koruması konusunda zorlayan ve yük kaldırıldığı taktirde tekrar eski haline dönmesine neden olan bir özelliktir. Burada gerilim ve deformasyon arasındaki doğru orantı belli bir aşamaya kadar geçerlidir. Bu aşamanın geldiği noktaya malzemenin elastikiyet sınırı adı verilir. Malzeme bu noktadan sonra hala yük altında kalmaya devam ederse, malzemede çatlamlar ya da kırılmalar meydana gelebilir. Bu noktada malzeme mevcut hacim ve şeklini koruyamaz hale gelir. Yani elastik deformasyon plastik deformasyona dönüşmüş olur (Uluata, A.R., 1987). Plastik deformasyonda, malzemede kalıcı şekil değişiklikleri meydana gelir. Malzemeler yükleme altında genellikle, önce elastik sonra da plastik deformasyona uğrarlar.



Şekil 3. Elastik deformasyon grafiği

Çekme deneyi sırasında elastik bölgede kuvvet kaldırılırsa; malzeme ilk haline aynı doğru üzerinden geri döner. Malzeme üzerinde kalıcı deformasyon kalmaz (Yiğiter, 2014).

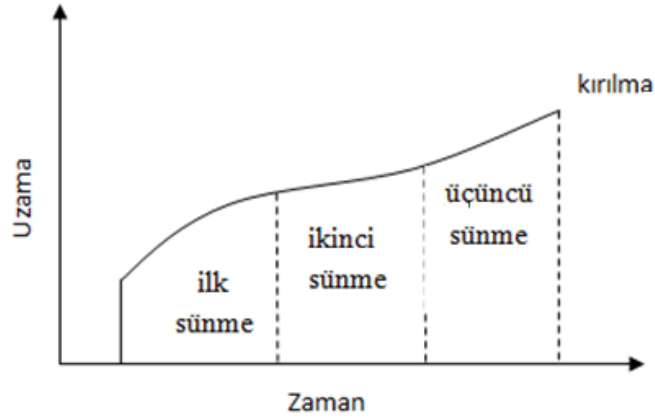


Şekil 4. Plastik deformasyon grafiği

Ancak plastik deformasyon bölgesinde kuvvet uzaklaştırılırsa; malzeme kuvvetin bırakıldığı noktadan elastik doğruya paralel şekilde geri döner. Apsisi kestiği nokta kadar malzeme üzerinde kalıcı deformasyon kalır(Yiğiter, 2014).

1.1.4.2. Sünme

Ağaç malzeme, günümüzde donanımlı bir ürün olarak; fonksiyonel, çevresel ve estetiksel seviyelerde birçok amacı gerçekleştirmek için kullanılır. Çoğu ağaç malzeme ürünleri uzun süre yüke maruz kalmaktadır. Bu durum ağaç malzemedeki uzun sürede mekanik bir deformasyona sebep olur ve sünme olarak adlandırılır (Clouser,1959; Holzer vd., 1989; Navi and Stanzl-Tschegg, 2009; Du vd., 2013). Ağaç malzemenin sünme davranışını etkileyen ana faktörleri; malzemenin kendisi, zaman, sıcaklık, yük seviyesi ve rutubet olarak adlandırılabilir (Hanhijarvi, 2000; Navi ve Sandberg, 2012). Sünme testlerinde, malzeme orta noktasından sabit bir yüklemeye maruz kalmakta ve o noktadaki gerilmeler belirli bir zaman diliminde takip edilmektedir. Odun ve odun esaslı malzemeler için sünme yükü altında oluşan deformasyon grafiği gösterilen Şekil 1'deki gibidir (Kaliske ve Reichel, 2015).



Şekil 5. Sünme testi sonucu oluşan deformasyon grafiği

Literatür çalışmaları sünme yüküne maruz kalmış ağaç malzemeler için üç aşamalı deformasyon alanı tespit etmiş olup her bir alan bir deformasyonun oranına sahiptir. Başlangıç aşamasında deformasyon hızı azalarak devam eden bir akış gözlemlenmiştir. İkinci aşamada deformasyon hızı neredeyse sabit olan ve uygulanan yüke bağlı olarak belli bir süre seyreden bir akış gözlemlenmiştir. Üçüncü ve son aşamada ise nispeten yüksek hızda ve kopma ile sonuçlanan bir sünme akışı tespit edilmiştir. Aşağıdaki denklem bağlı sünme hesaplanmasında kullanılmaktadır.

$$H = \frac{d_t - d_0}{d_0} \quad (1)$$

Burada; H = Bağlı sünme (mm), d_t = t zamandaki deformasyon (mm), d_0 = İlk elastik deformasyon (mm)

Bir malzemenin hem viskoz hem de elastik özelliklerde olması durumunda, o malzeme viskoelastik malzeme olarak adlandırılır. Ağaç malzeme de bu sebeple viskoelastik bir malzeme olarak tanımlanabilir (Coleman ve Noll 1961; Leichti ve Tang 1989; Roylance 2001; Dinwoodie 2004). Ağaç malzeme bir sünme deformasyonuna uğradığında; malzeme üzerinden yük kaldırıldığı takdirde malzeme orijinal haline gelir (elastik deformasyon) ya da malzeme kısmi olarak eski haline döner (viskoz veya plastik deformasyon).

Rutubet, ağaç malzemede sünme deformasyonunu lif doygunluk noktasına (LDN) kadar arttırır. Bir malzemenin maksimum direnci (MOR) hem o malzemenin tasarımında hem de ürünün üretim aşamasında; özellikle de ürünün geliştirilip kalitesinin arttırılmasında çok önemli bir faktördür. Aynı malzemedan üretilen çoğu ürünün tasarımında MOR büyük bir problem değildir fakat sünme deformasyonu, müşteriler tarafından rahatsız edicidir ve MOR iyi olsa bile sünme deformasyonu müşterileri rahatsız edici bir algı olarak ele alınır. Dolayısıyla sünme deformasyonu dikkate alınması gereken bir husustur. Keza mobilya ürünlerinin tasarlanmasında müşteri memnuniyeti oldukça önemli bir unsur olarak ele alınmaktadır (Demirel, 2013).

Modern ağaç malzeme endüstrisinde çeşitli şekillerde ağaç malzemeler mevcuttur. Bunlar mobilya birleştirme işlemlerinde ve mobilya iskeletlerinde kullanılır (Haygreen vd.,1975). Malzemenin verimli ve hafif olması gibi farklı müşteri gereksinimlerini karşılaması için çoğunlukla hafif ağaç malzemeler kullanılır (Wood, 1958). Bu tarz konstrüksiyonlarda malzemenin sünme davranışını kestirmek problem olabilir. Yani sünme deformasyonu malzemenin hem malzeme boyutunda hem de birleşme boyutunda ele alınmalıdır.

Bu amaçla bu çalışma, ağaç malzemenin uzun süre yük altındaki davranışını anlamlandırmayı artıcı bir amaca hizmet edici nitelikte bir çalışma olmuştur. Keza burada uzun süreli davranıştan kasıt, sünme deformasyonudur. Mobilya üretimi için bir tasarım işleminde yoğunlaşılması gereken nokta, ağırlığı azaltmak fakat ağaç malzemenin dayanımını yeterli seviyede tutmaktır. Mobilya üretiminde farklı ağaç malzeme kullanmanın teknik, estetik ve ekonomik avantajları olabilir.

Ağaç malzemenin zamana bağlı hareketi yaygın olarak gözlemlenmekte ve deneysel çalışmalarda şu şekilde kullanılmaktadır: Sünme sabit yük altında zamana bağlı değişim, rahatlama (relaxation) sabit deformasyonda stres kaybı; mekanik dinamik analiz esnasında sertlikteki değişim (Ferry, 1980) ve yükleme oranının etkisidir (Boding ve Jayne, 1982). Bu ana teknikler yük kaldırıldığında malzemenin ilk haline dönüşmesi için genelleştirilebilir (Barrett, 1982). Bahsi geçen testler çoğunlukla malzemenin yük-yer değiştirme grafiğinde gözüken yükün doğrusal sınırlar içerisinde hareketiyle ilişkilendirilebilir. Malzemelerin uzun süre yük altında davranışını ölçerken, yük oranının ele alınması için normalde geçişli testler (statik testler) tercih edilir. Nispeten sert malzemeler için sünme testi malzemenin rahatlama sonrasının ölçülmesi için normalde

tercih edilen bir testtir. Sünme testi aynı zamanda ölü ve canlı yüklere maruz kalmış bir yapıyı daha iyi analiz edecek karakterdedir (Bodig ve Jayne, 1982).

Ağaç malzeme, çevresi etkileşim halinde olup yapısıyla bu değişikliklerden etkilenen bir malzemedir. Ağaç malzemenin sünme özelliğinin sıcaklık, rutubet ve fiziksel yaşlanmaya olan hassasiyeti elastik özelliklerinden daha fazladır (Holzer, 1988).

Ahşap bir yapının performansı, malzemeler (üyeler) arasındaki birleştirme yerleri veya birleştirme yerlerinin davranışlarıyla yakından ilişkilidir. Birleştirme yerlerinin davranışını öngören analitik modeller, bağlantı elemanı özellikleri, birleştirme yeri geometrisi ve malzeme farklılığı gibi çok sayıda etkileyici değişken nedeniyle oldukça karmaşıktır. Ayrıca, piyasadaki çok sayıda özel bağlantı elemanı nedeniyle, kısa süreli yüklemelerde bile birleştirme yerleri için birleştirilmiş bir tasarım yöntemi geliştirilmemiştir. Sonuç olarak, durumun karmaşıklığı nedeniyle, ahşap birleştirme yerlerinin uzun vadeli performansını tahmin etmek için birkaç model geliştirilmiştir. Birleştirme yeri ile alakalı çoğu sünme modelleri, yanal makaslama sertliği üzerine yapılmış çalışmalara dayanmaktadır. Örneğin kavelalı-çivili ve somun-vidalı birleştirme yerlerinin zamanla yanal makaslama sertliğinin azaltılması incelenmiş ve modeller geliştirilmiştir (Mack, 1962, 1965; Brock, 1968; Noren, 1968; Kuipers, 1977; Polensek, 1982; Feldborg ve Johansen, 1987).

Bugüne kadarki en kapsamlı çalışmada, Whale (1988), değişken yük geçmişlerine maruz kalan kavela tipi birleştirme yerlerinde yanal yer değiştirmeleri öngörmek için kalıtsal integrallere dayanan altı model geliştirmiştir. Whale (1988), metal konektördeki sünme çalışma yükü seviyelerinde neredeyse yok denecek kadar az olduğu ve birleştirme yeri sünmesinin büyük kısmı, bağlantının yakın çevresinde ahşabın rulman kaymasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu, polimer teorilerine dayanan modellerin birleştirme yerlerindeki sünmeyi öngörme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yük transferinin karmaşık mekanizmaları nedeniyle, bu tür modellerin geliştirilmesi zor olabilir.

Ağaç malzemedeki sünme özelliklerinin incelenmesi üzerine çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Ancak ağaç malzemenin hizmet ömrü üzerine etkilerini incelemek için pratik uygulamalar ve gerekli kurallar hala geliştirilememiştir. Ahşap yapılar ve inşaat amaçlı kullanılan ağaç malzemeler üzerine sünme çalışmaları oldukça fazla sayıda iken (Holzer, 1989), Mobilya sektöründe koltuk gibi mobilya konstrüksiyonlarını oluşturan birleştirme yerleri üzerine sünme çalışmaları neredeyse hiç yoktur.

1.1.5. Literatür Araştırması

Wilkinson, T. (1986), iki ahşap türünden ve iki farklı çividen oluşan palet birleştirme yeri örneklerinin sünme rotasyonunu üzerine çalışmıştır. Çalışmasının amacı, sabit bir yük altında palet birleştirme yerlerinin sünme özelliklerini belirlemektir. Çalışmada meşe ve sarıçam ağaç türünden hazırlanmış 25 örnek kullanılmıştır. Sünme testi esnasında örneklere % 30, % 60 ve % 90 olmak üzere üç farklı yük seviyeleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda yaklaşık 5 ay sonunda, örnek rotasyonun 8 ila 19 kat arttığı gözlemlenmiş olup; bu sünme davranışı matematiksel bir model tarafından desteklenmiştir.

Güntekin, E., (2003) çalışmasında, sünme davranışının yanı sıra ahşap ve ahşap esaslı kompozitlerinde sünmeyi etkileyen faktörleri incelemiştir. Sünmenin genel olarak konstrüksiyonlarda, yüksek sıcaklıklara maruz kalan metal ve seramik gibi malzemelerde önemli bir özellik olduğunu fakat ahşap ve ahşap esaslı kompozitler gibi polimer malzemelerde sıcaklığın önemli bir faktör olmadığını ve sünmenin normal şartlarda uzun süreli yüklenmelerde görülebileceğine değinmiştir. Çalışma sonucunda sünmenin ahşap ve ahşap esaslı kompozitlerde görüntü bozukluğu veya kırılmalara sebep olacağına; çözüm olarak ise ahşap ve kompozitlerinin özellikle tasarım aşamasında sünme değerlerinin ön planda tutulmasına özen gösterilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Jerzy Smardzewski, Robert Klos ve Beata Fabisiak (2013), sünmenin döşemeli mobilya yapılarında kullanılan, seçilen elastikiyet modülü Ez. olarak ifade edilen seçilmiş birleştirme yeri sertliği üzerindeki değişikliklere etkisi üzerine araştırma sonuçları sunmuştur. Çalışmalar Modül, bu amaç için Maxwell-Mohr kurucu denklemini kullanarak analitik olarak hesaplanmıştır ve sonuçlar için en iyi sonucu veren teorik bir model seçilmiştir. Aynı zamanda ayrıntılı bir istatistiksel analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda sünme davranışının, elastikiyet modüllerini % 11 - 16 oranında azaltarak, incelenen birleştirme yerlerinin mekanik kalitesi üzerinde önemli bir etkiye yol açtığı bulunmuştur. Bu modülün sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sayısal hesaplamalarda kullanılabilir olacağı tahmin edilmiştir.

Wei Xu vd., (2015) çalışmalarında, döşemeli mobilyalarda yaygın olarak kullanılan koltuk minderlerinin basınç yükü büyüklüğü ve minder kaplamalarında kullanılan malzemenin kuvvet-deformasyon-zaman davranışı üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar Burger ve Kelvin modellerinin sırasıyla köpük, yay ve örtü(kılıf) malzemelerinden oluşan mobilya koltuk minderlerinin sünme ve geri-tepme davranışını tanımlamak için

kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada yapılan deneysel verilerin istatistiksel analizleri, sünme davranışını inceleyen yüklerin büyüklüğünün, değerlendirilen minderlerin kuvvet-deformasyon-zaman davranışını tanımlamak için Burger Modeli'nden türetilen matematiksel ifadelerdeki viskoelastik sabitler üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Sarmal yaylara sahip köpük minderlerin, sahip olduklarından daha büyük viskoelastik sabitlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Minder kılıfı malzemesinin deriden kumaşa değiştirilmesi, test edilen minder malzemelerinin elastik sabiti üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir fakat viskoz sabitini arttırmış ve elastik deformasyonu geciktirmiştir.

Costa ve Barros (2015) beton yapıların güçlendirilmesinde halen kullanılan polimerlerle güçlendirilmiş karbon fiber (CFRP) sistemleri ile kullanılan epoksi esaslı bir yapıştırıcının gerilme sünme davranışını deneysel olarak karakterize etmeye yönelik bir çalışma sunmuşlardır. Çalışma esnasında sünme testleri sabit bir sıcaklık olarak belirledikleri 20°C ve % 60 bağıl nemi sağlamak için programlanmış iklimsel bir odada gerçekleştirilmiştir. Sünme testi esnasında %20, %40 ve %60 olmak üzere üç farklı yük seviyeleri belirlemişler ve uygulamışlardır. Gerilme sünme davranışının gözleminde değiştirilmiş Burger modeli, deneysel sünme eğrilerine oturtulmuştur ve elde edilen sonuçlar kullanılan modelin, bu malzeme ile yapışkanın arasındaki gerilme mukavemetinin % 60'ını ve sürekli bir stres seviyesine kadar uzun süreli davranışını, çok iyi bir doğrulukla tahmin edebildiğini ortaya koymuşlardır.

Tankut ve Karaman (2016) çalışmalarında, çeşitli bağlantı elemanları ve ahşap kompozit levhalar kullanılarak üretilmiş demonte tipi kitaplıkların statik yüke maruz bırakılmaları sonucu oluşan sünme değerlerini araştırmıştır. Çalışma esnasında kompozit malzemelerin yanı sıra yonga levha (YL) ve orta yoğunluktaki lif levhalar (MDF) kullanılmış olup; bağlantı elemanları olarak trapez, plastik dübelli minifiks, metal dübelli minifiks, metal T bağlantı, pipo bağlantı ve ay bağlantı elemanları kullanılmıştır. Yapılan çalışma 6 ay boyunca devam etmiştir. Çalışma sonucunda sünme değerleri göz önünde tutularak MDF ve metal dübelli minifiks bağlantı elemanı ile üretilen kitaplıkların, yonga levha (YL) ve plastik dübelli minifiks bağlantı elemanı ile üretilen kitaplıklardan daha iyi sonuç verdiği sonucuna varılmıştır.

Wang ve Zhou (2016) çalışmalarında, epoksi yapıştırıcı kullanılarak yapılan birleşmelerin kayma sünme davranışını farklı stres seviyelerinde incelemek için deneyler yapmışlardır. X. M. Wang ve C. W. Zhou, epoksi yapıştırıcı birleşme yerlerinin karmaşık olan sünme deformasyonunu basit bir ifade ile karakterize etmek için bir fraksiyonel türev,

reolojik model geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonuçları, ortaya koyulan modelin epoksi yapıştırıcı birleşme noktalarının sürekli bir yük seviyesi altındaki sünme davranışını iyi bir hassasiyetle % 30-70 doğruluk oranında tahmin edilebileceğini ortaya koymuştur.

Johansson ve Nilsson (2017) çalışmalarında, ahşap esaslı hafif sandviç tip panelin sünme davranışını gözleme ve bu tip bir panelin masif ahşaba benzer bir sünme özelliğine sahip olup olmadığını görmeyi amaçlamışlardır. Panellerin yüzey kısmı için kayın ağacı kaplaması, iki kaplama arasında yer alan ana malzemeler için ise birbirine çapraz olarak yapıştırılmış çam ağacı numuneleri kullanılmıştır. Masif haldeki kayın paneli referans malzeme olmak üzere 27 örnek kullanılmıştır. Çalışma eğilme testi ve sünme testi olmak üzere iki aşamadan oluşmuştur. Eğilme testi, panel için maksimum hata yükünü belirlemek için yapılmış olup; sünme testi için orijinal hata yükünün % 30'u kullanılmıştır. En iyi panel, en düşük yoğunluğa, eğilme yükü için en yüksek değere ve en küçük sünme deformasyonuna sahip olan paneldir. Eğilme testlerinden elde edilen sonuçlar yoğunluğa bağlı olarak yük kapasitesi açısından sıralandığında, hafif panelin sonuçları referans panelin $27.3 \text{ m}^4/\text{s}^2$ 'deki değerine kıyasla, 9.0 ila $18.0 \text{ m}^4/\text{s}^2$ arasında değişmiştir. Bu durum panelin yoğunluğuna bağlı olarak eğilme testlerine dayanmada ne kadar etkili olduğunu ölçmüştür. Sünme deformasyonu yoğunluğa göre sıralanırsa, hafif panel sonuçları referans panelin 45.5 kg/m^3 deki değerine kıyasla 10.4 ila 33.7 kg/m^3 arasında değişmiştir. Eğilme testinde olduğu gibi bu değerler panelin yoğunluğa bağlı olarak sünme deformasyonuna karşı direnç göstermesinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Testlerin sonuçları, bu panel türü için yoğunluk, E-modülü, eğilme dayanımı ve sünme deformasyonuna karşı direnç gibi fiziksel özellikleri etkilemenin mümkün olduğunu göstermektedir.

Takahisa Nakai vd., (2018), ahşap hücre duvarlarının viskoelastik özelliklerini anlamak için Japon selvi kullanarak hem mikroskopik kristalli selüloz hem de ahşap numunenin makroskopik gerilmesinde sünme ve gerilme-gevşeme davranışındaki geçici değişiklikleri araştırmışlardır. Bu çalışmada 600 mikron kalınlığındaki numuneler, X ışını kırınımı ile gözlemlenmiş ve çekme yüküne tabii tutulmuşlardır. Düzleminin kristal çapraz gerilmesi ve numunenin makroskopik gerilmesi, sünme ve gerilme-gevşeme testleri sırasında sürekli olarak kontrol edilmiş olup makroskopik ve mikroskopik seviyeler arasındaki farklılıklar gözlenmiştir. Çalışmada yer alan ahşap hücre duvarının mikrofibril açısı (MFA), mikroskopik seviyede mekanik davranış rolüne sahiptir; kristal çapraz gerilmeleri hem sünme hem de gerilme-gevşeme işlemlerinde artan MFA' ya göre daha azdır. Makroskopik düzeyde sünme davranışı ve gerilme gevşeme modülü sırasıyla artan

MFA ile azalmış ve artmıştır. Mikroskopik düzeyde viskoelastik davranış konusundaki sonuçlar MFA'ya bağımlılığını göstermiştir.

Şimdiye kadar gerek teorik ve gerekse pratik olarak ağaç malzemenin sünme özelliklerini tam olarak açıklayan çok az çalışma mevcuttur. Ağaç malzemenin özelliklerini ve birleştirme yerlerinin yapısal analizleri hakkındaki deneysel çalışmalar sınırlı sayıdadır. Çoğunlukla testler statik olarak kısa süreli olarak uygulanmıştır.

Türkiye Mobilya sektöründe kullanılan kayın, sarıçam ve kızılğaç malzemelerinden oluşturulan zımbalı birleştirme yerleri için literatürde mevcut bir sünme çalışması yoktur.

Bu tez çalışmasının ana amacı farklı ağaç türlerinden elde edilmiş birleştirme yerlerinin farklı yük seviyeleri altında zamana bağlı olarak sünme özellikleri araştırılmış ve yorumlanmıştır. Bu tez çalışmasının spesifik amaçları ise 1) sünme testi için uygulanacak yük seviyelerini yani maksimum statik yük değerinin yüzdeleri belirlemek, 2) farklı ağaç türleri kullanmanın sonucunda mobilya birleştirme yerlerinin sünme davranışlarını incelemek, 3) birleştirme yerlerinin sünme davranışının yine birleştirme yerlerinin statik davranışına göre nicel kıyasının yapılması şeklindedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

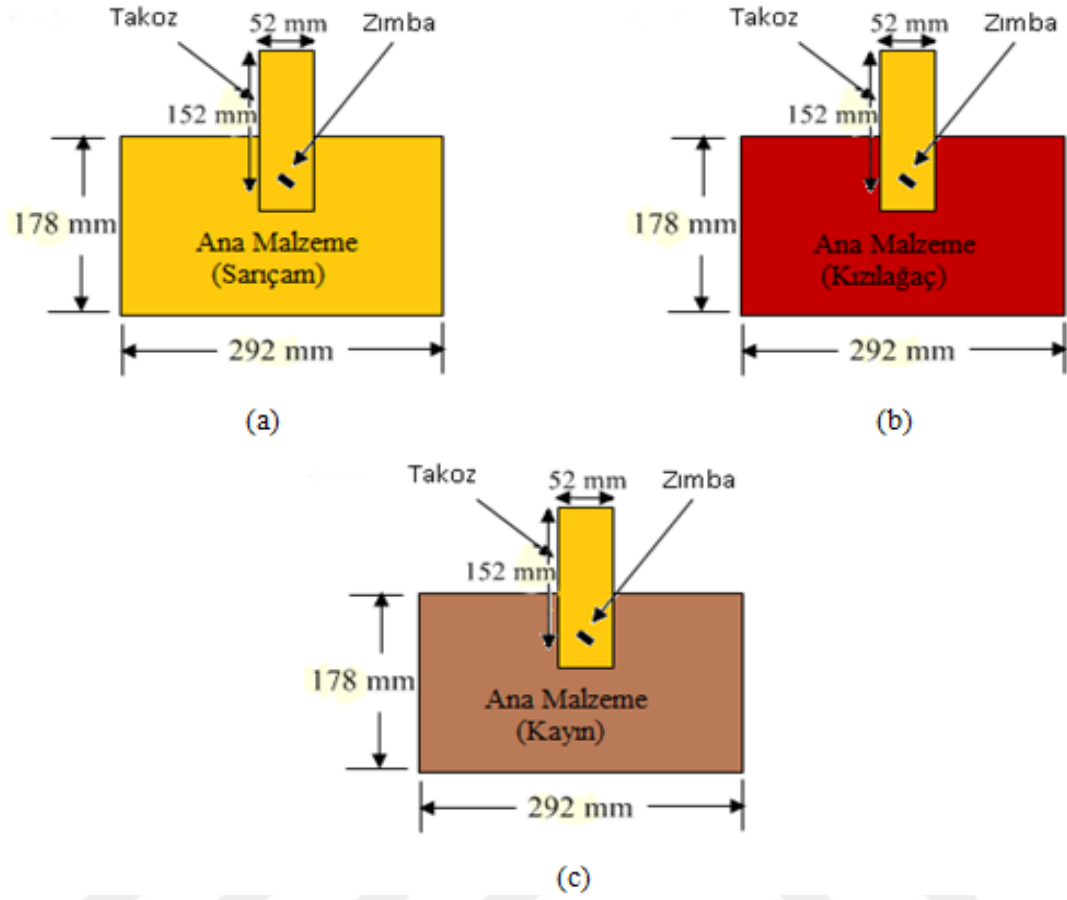
Bu çalışma kapsamında mobilya endüstrisinde çokça kullanılan kayın (fagus), sarıçam (pinus sylvestris) ve son yıllarda mobilya üretiminde kendine yeni yer edinen kızılğaç (alnus glutinosa) türünden elde edilen mobilya birleştirme yerlerinin sünme özellikleri incelenmiştir. Bu ağaç türlerine ait fiziksel özellikler değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Birleştirme yeri üyelerine ait fiziksel özellikler

Fiziksel Özellikler	Ağaç Malzeme Türü			
	Sarıçam	Kızılğaç	Kayın	Tabakalı Ağaç Malzeme
Yoğunluk (gr/cm ³)	0,45 (2)	0,51 (1)	0,54 (4)	0,64 (4)
Rutubet	12	12	12	12

Parantez içindeki değerler varyans sabiti değerlerini göstermektedir.

Tablo 1’den görüldüğü gibi en yüksek yoğunluk değerine kayın ağacı sahipken bunu kızılğaç takip etmiş ve en düşük yoğunluklu ağaç sarıçam olarak belirlenmiştir. Malzemelerin yoğunlukları ve rutubet oranları gibi fiziksel özellikleri, sırasıyla (TS 2472) ve (TS 2471) standartlarıyla belirlenmiştir. Bu çalışmada ana malzeme olan ağaç malzemeler yanında yan malzeme olarak 9 tabakalı sarıçam kontrplaklar kullanılmıştır. Kontrplağı oluşturan her tabaka birbirlerine dik yapıştırılmış merkez kaplama ile yüzey kaplamaları birbirine paralel olarak hazırlanmıştır. Birleştirme yerlerinin bağlanmasında bağlantı malzemesi olarak Senco zımbaları kullanılmış olup bu zımbalar nitro-selülozik esaslı paslanmayı önleyici bir katmanla kaplanmıştır. Zımbaların bacak uzunlukları 38 mm olup taç genişlikleri 11 mm’dir. Birleştirme yeri oluşturulurken zımbalar birleştirilen malzemelere 45 °lik açıyla uygulanarak malzemeler arası en iyi tutunma amaçlanmıştır. Şekil 1 bu çalışmada kullanılan her bir ağaç türüne ait birleştirme yerinin temsili renklerde resimlerini göstermektedir.



Şekil 6. Her bir ağaç türünden oluşturulmuş birleştirme yerlerinin görüntüsünü ele almaktadır; a) sarıçam, b) kızılğaç, c) kayın

2.2. Metot

2.2.1. Statik Makaslama Testi

Sünme testi için uygulanacak yük seviyelerini belirlemek amacıyla önce her bir ağaç türünden tek zımbalı 30'ar adet örnek hazırlanarak MTS Criterion Model 45 Universal test makinesinde 2.5 mm/dk hızda statik çekme testine tabi tutulmuş ve birleştirme yerlerinin statik makaslama değerleri elde edilmiştir. Bu test ASTM D 1761 standardı baz alınarak yürütülmüştür. Şekil 7 Tek zımbalı birleştirme yerlerine ait statik makaslama direnci testini göstermektedir.



Şekil 7. Tek zımbalı sarıçam birleştirme yerine ait statik makaslama testi

2.2.2. Sünme Testi

Sünme testi için gerekli olan yük seviyelerinin belirlenmesi amacıyla, öncelikle test örneklere statik makaslama direnci uygulanmış ve elde edilen maksimum değerler Newton (N)' dan kg'a çevrilmiştir. Elde edilen kg cinsinden maksimum değerlerin belli yüzde değerlerinin alınıp test örneklerine kg cinsinden ağırlık olarak asılarak sünme testi gerçekleştirilmiştir. Şekil 8 sünme testi için hazırlanmış olan beş test düzeneğinden birini temsili olarak göstermektedir.



Şekil 8. Sünme testinin gerçekleştirildiği düzenek

2.2.2.1. Sehim Ölçümü

Sehim ölçüm işleminde 0,001 mm hassasiyette ve 0-30 mm ölçüm çubuğuna sahip sehim ölçerlerle (komparatör) kullanılmıştır. Ölçümler gündelik olarak sürekli takip altında olup anbean takip edilmiş ve test örneğinin yük altında davranışına göre bu takip işlemi 1 gün ila 103 gün arasında değişmiştir. Birleştirme yerlerinde meydana gelen sünme deformasyonu hareketin gerçekleştiği saat baz alınarak kaydedilmiştir. Şekil 9 sünme hareketlerinin okunduğu komparatörü göstermektedir.



Şekil 9. 0,001 Hassasiyette Komparatör (mm)

2.2.3. İstatistiksel Analiz

Verilerin analizinde SAS Software 9.4 istatistik paket programı kullanılmıştır. Birleştirme yerlerinin makaslama direnci değerleri üzerine ağaç malzeme gibi farklı parametrelerin etkilerini belirlemek için % 5 anlamlılık düzeyinde bir varyans testi yapılmıştır.

2.2.4. Diğer Hesaplamalar

Bu çalışma esnasında MTS Universal test makinesinde elde edilen statik makaslama direnci değerleri N cinsinden kg'a çevrilmiş olup bu çevirme için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$9,81 \text{ N} = 1 \text{ kg} \quad (2)$$

Ayrıca test edilen birleşme yerlerinin son sünme değerlerinin ele alınarak statik makaslama direnci değerlerine göre yüzdesel ifadesi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$Y = (dt / S_M) * 100 \quad (3)$$

Burada; Y = yüzdesel sünme miktarı, dt = son sünme (mm), S_M =statik makaslama ile oluşan deformasyon (mm)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Statik Makaslama Testi

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen her bir ağaç grubuna ait statik makaslama testi sonucu oluşan ortalama uzama miktarları Tablo 2’de verilmiş olup her bir örneğe ait maksimum statik makaslama değerleri ise Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Maksimum statik uzama miktarları

	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
Ortalama Uzama Miktarları (mm)	4,96 (2)	4,89 (1)	4,63(1)

Parantez içindeki değerler standart sapma değerleridir.

Tablo 2’den görüleceği üzere yoğunluğu en fazla olan kayın en az uzamayı gösterirken bunu yoğunluğu daha az olan kızılğaç takip etmiş ve en yüksek değeri en az yoğunluklu sarıçam göstermiştir.

Tablo 3. Her bir ağaç türünden elde edilen birleştirme yerlerinin statik makaslama değerleri

Örnek Sayısı	Ağaç Türü			Örnek Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın		Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
	Maksimum Makaslama Değerleri (N)				Maksimum Makaslama Değerleri (N)		
1	790,487	991,592	1388,4	16	704,605	1024,99	1261,96
2	796,341	1043,85	1277,02	17	741,717	1078,36	1270,73
3	911,957	906,11	1220,97	18	725,684	949,8	1062,18
4	825,469	1122,95	1106,74	19	908,8	1187,69	1382,12
5	767,255	1043,45	1311,7	20	870,513	1057,44	1106,17
6	1019,32	1112,93	1090,59	21	775,639	898,636	1116,02
7	793,47	1131,39	1326,26	22	682,738	978,069	1311,3
8	700,829	854,134	1277,64	23	756,885	1007,93	1210,14
9	876,213	980,931	1231,05	24	775,15	1275,88	1255,78
10	743,672	1075,58	1263,94	25	771,559	909,515	1182,64
11	741,103	988,005	1148,32	26	891,357	908,715	1363
12	796,052	1201,75	1282,14	27	786,142	1129,3	1295,55
13	842,976	1206,66	1122,07	28	858,963	908,821	1100,89
14	690,148	1048,93	1156,87	29	773,753	1244,89	1433,54
15	765,325	1003,73	1244,91	30	1188,61	998,582	1202,42

Tablo 3'deki değerler kullanılarak elde edilen ortalama değerler Tablo 4'te birimleriyle birlikte ele alınmıştır. Yüzde 5 önem düzeyinde Tablo 4'deki değerler arasındaki istatistikî ilişki incelenmek üzere tek faktörlü (ağaç türü) SAS istatistiksel analiz sonucu elde edilen değerler 53.57'lik bir en az önem farkı (LSD) ile Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Her bir ağaç türünden elde edilen statik makaslama direnci değerlerinin ortalama değerleri (N ve kg cinsinden) ve istatistiksel olarak kıyaslanması

Birim	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
	Maksimum Makaslama Değerleri (N)		
Ortalama (N)	809 (C)	1042 (B)	1233(A)
Ortalama (Kg)	83	106	125

Parantez içindeki değerler standart sapma değerleridir.

Tablo 4'den görüldüğü üzere Tablo 3'den elde edilen değerlerin ortalaması listelenmiş ve gerek N gerekse de kg cinsinden verilmiştir. İstatistiksel analiz sonucu en yüksek makaslama direnci değerini kayından oluşan tek zımbalı birleştirme yeri vermişken bunu istatistikî fark olarak kızılâğaç ve sarıçam birleştirme yerleri takip etmiştir.

Ayrıca Tablo 4'de elde edilen statik makaslama direnci değerlerinin ortalaması Tablo 5'de oluşturulmuş olup bu değerler N iken kg'a dönüştürülmüş ve örneklere yük olarak asılabilir değerler haline getirilmiştir. Bu çalışma kapsamında ilk olarak 30'ar adet tek zımbalı ana malzemesi kayın ağacı, takozu sarıçam tabakalı ağaç malzemedan oluşan birleştirme yerleri hazırlanmış ve bunların maksimum statik direnç değerleri MTS Universal test makinesinde N cinsinden elde edilmiştir. Söz konusu değerlerin ortalaması alınmış ve bu değerler sünme testinde kullanılması için kg'a çevrilmiştir çünkü sünme testi değerleri belirlenirken maksimum statik yükün yüzdesel değerleri alınır.

Bu çalışmada kayın ağacından elde edilen birleştirme yerleri için elde edilen ortalama maksimum statik yük kg cinsinden Tablo 5'ten de görüldüğü üzere 125 kg'dır. Bu ortalama değer belli oranda yüzdelelerini gösteren değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kayın birleştirme yerleri için sünme testinde kullanılacak statik yük direnç değerlerinin yüzdeleri

Ortalama statik makaslama yükü (kg)	Yüzde değerler (%)						
	90	80	70	60	50	40	30
125	112,5	100	87,5	75,5	62,5	50	37,5

Tablo 5'e göre hazırlanan tek zımbalı kayın birleştirme yerlerine sırasıyla maksimum statik makaslama direnci değerlerinin % 90'ı olan 112,5 kg uygulanmış ve birleştirme yeri anında kopmuştur. Bu durum söz konusu birleştirme yerinin maksimum statik yükleme değerlerinin % 80, % 70 ve % 60 değerleri olan sırasıyla 100 kg, 87,5 kg, 75,5 kg değerleri içinde uygulanmış yine kayın zımbalı birleştirmelerinde kısa sürede kopmalar gerçekleşmiştir. Ancak birleştirme yeri statik yükün % 50'si olan 62,5 kg' a bir süre dayanabilmiş, % 40 ve % 30 değerleri olan sırasıyla 50 kg ve 37,5 kg' a dayanabilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada kayın ağacı ve diğer ağaç türlerinden elde edilen birleştirme yerinin maksimum statik yükleme değerinin % 50'si, % 40'ı ve % 30'u baz alınarak sünme testi yük seviyeleri oluşturulmuştur. Sünme üzerine yapılan çalışmalarda benzer şekilde malzemenin maksimum direnç değerlerinin belli yüzde değerleri kullanılmıştır. Keza, Hayman (1981), üç bağlantılı kemer yapıların sünme özellikleri üzerine çalışmış. Bu bağlantıları ana burkulma yüklerinin % 85 % 65 ve % 35'i kadar durağan yüklere maruz bırakmıştır. Nilsson ve Johansson odun esaslı levhaların sünme özellikleri üzerine çalışmış ve test örneklerine statik test olarak eğilme testi uygulamıştır. Sünme testi için statik eğilme maksimum direnç değerinin % 30'unu sünme yük seviyesi olarak belirlemiş ve uygulamıştır. Bu çalışmada her bir ağaç türünden elde edilen birleştirme yerleri için belirlenen yük seviyelerinin sünme testi kg değerleri Tablo 6'da belirlenmiştir.

Tablo 6. Her bir ağaç türünden elde edilen birleştirme yeri için belirlenen sünme testi değerleri

Ağaç Türü	Maksimum Statik Yük Yüzdesi (%)		
	30	40	50
Sarıçam	25	33	41
Kızılağaç	32	42,5	53
Kayın	37,5	50	62,5

Tablo 7. Üç farklı ağaç türünden hazırlanmış her bir birleştirme yerine ait sünme testi sonucu testlerin sürdüğü gün sayıları

Yük oranı (%)	Örnekler	Ağaç Türü		
		Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
		Gün Sayısı		
30	I. Örnek	62	52	16
	II. Örnek	66	34	80
	III. Örnek	34	33	39
40	I. Örnek	65	32	77
	II. Örnek	47	32	103
	III. Örnek	56	50	30
50	I. Örnek	34	75	2
	II. Örnek	3	33	2
	III. Örnek	22	42	1
60	I. Örnek	-	1	-
	II. Örnek	-	13	-
	III. Örnek	-	2	-

Tablo 7'den görüleceği üzere % 30 ve % 40 yük seviyelerinde test edilen örnekler farklı gün sayılarında sünme testlerini tamamlamışlardır. Sünme testi gün sayısı test örneğinin sünme yükü altında oluşan deformasyonun sabitlenmesi sonucu netleşmiştir.

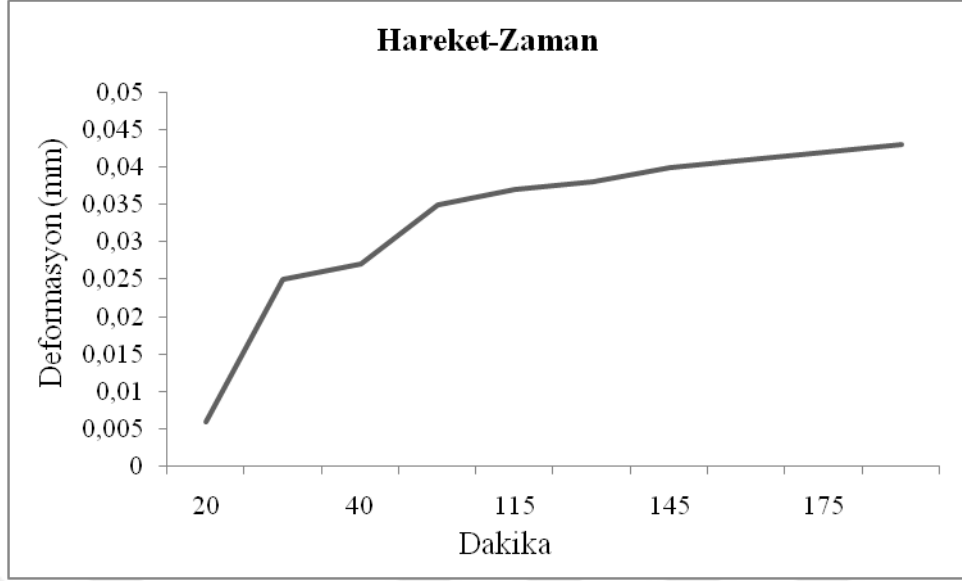
Tablo 7'de % 50 yük altındaki kayın örnekleri için sünme testi ortalama bir gün sürmüştür. Sarıçam birleştirme yerlerinin birinde ise 3 gün sürmüştür. Ancak kızılağaç için en az 33 gün sürmüştür. Dolayısıyla % 50 yük seviyesi kızılağaç için sarıçam ve kayında olduğu gibi en yüksek yük seviyesi değildir. Bu sebeple kızılağaçtan elde edilen birleştirme yerleri için fazladan bir yük seviyesi olarak % 60 yük seviyesi örneklerle sünme yükü olarak asılmıştır ve bu değer kızılağaç için 63,5 kg'dır. Buna göre kızılağaçtan oluşturulan 1, 2 ve 3 nolu birleştirme yerlerine % 60 yük seviyesi olan 63,5'lık yük asılmış ve testler sırasıyla 1, 13 ve 2 gün sürmüştür. Dolayısıyla % 60 yük seviyesi kızılağaç için belirlenmesi gereken en yüksek sünme yük seviyesi olacak şekilde tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmada baz alınan yük seviyeleri % 30, % 40 ve % 50 olduğundan grafiksel olarak % 60'lık yük seviyesi değerlendirmeye alınmamıştır.

3.2. Sünme Testi Deformasyon ve Zaman Grafikleri

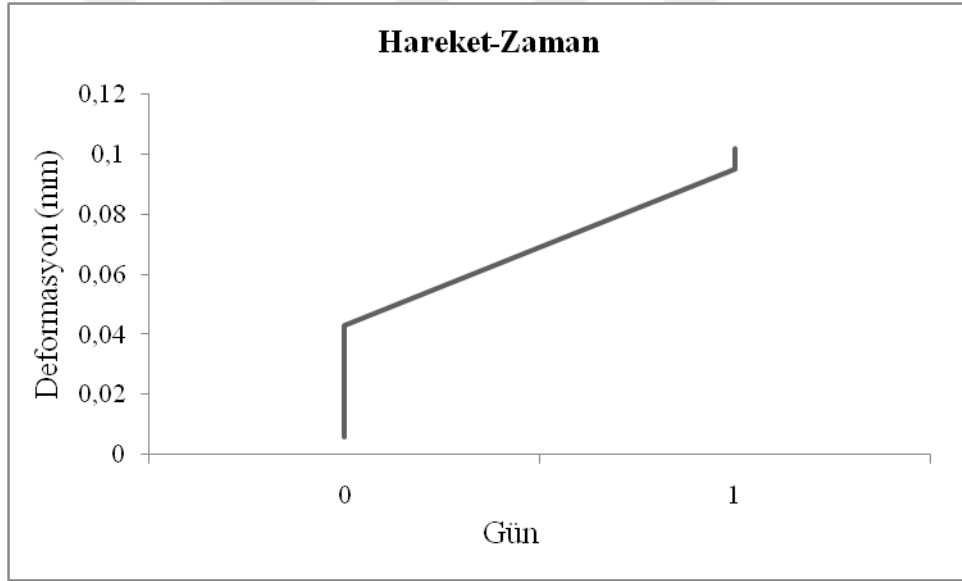
3.2.1. Kayın Birleştirme Yerleri

Kayın ağacından üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 62,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 10'da gösterilmiştir.





(a)

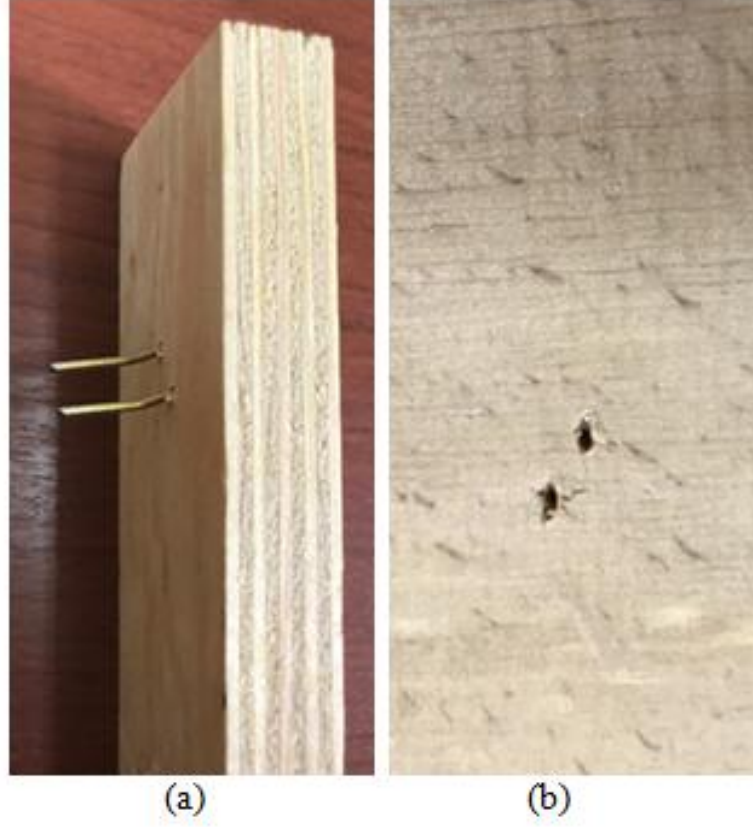


(b)

Şekil 10. 1 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

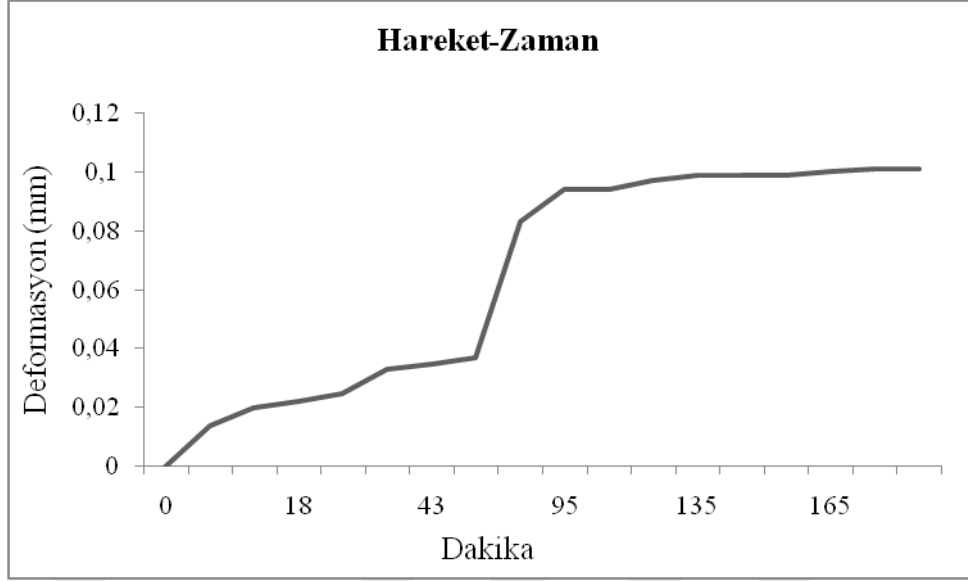
Şekil 10a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sünme hareketi ilk günde gerçekleşmiş olup önce hızlanarak artan, sonra azalarak artan ve en sonunda doğrusal artan bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Şekil 10b'de önce hızlanarak artan sonra doğrusal artan ve sonunda kopan bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 2 gün

sürmüştür ve test birleştirme yerinin parçaları birbirinden ayrılmasıyla sonuçlanmıştır. Şekil 11 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

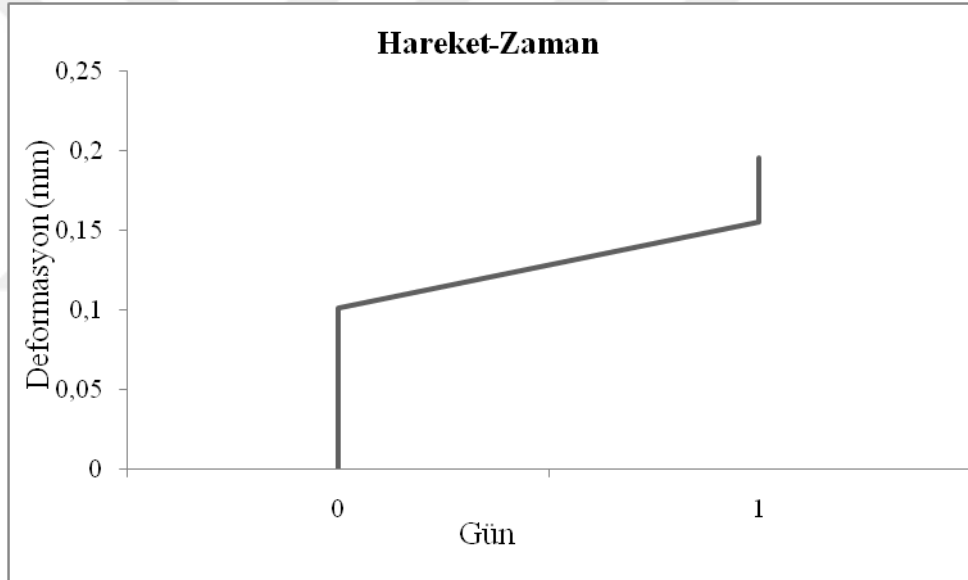


Şekil 11. Birleştirme yerine ait ayrılma modu; a) ağaç malzemedan ayrılmış zımba, b) zımbanın ağaç malzemedan çıkarken oluşturduğu tahribat

Kayın ağacından üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 62,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 12'de gösterilmiştir.



(a)



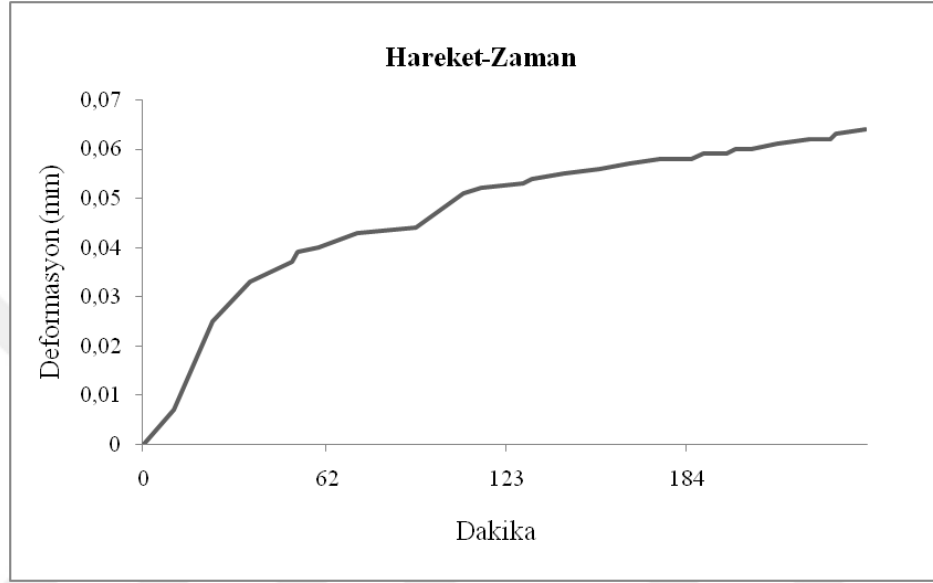
(b)

Şekil 12. 2 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 12a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sünme hareketi ilk günde gerçekleşmiş olup önce hızlanan sonra yavaşlayan, sonra tekrar hızlanan ve en sonunda azalarak artan bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Şekil 12b'de önce hızlanarak artan sonra doğrusal artan ve sonunda kopan bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 2

gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin parçaları birbirinden ayrılmasıyla sonuçlanmıştır. Şekil 11 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

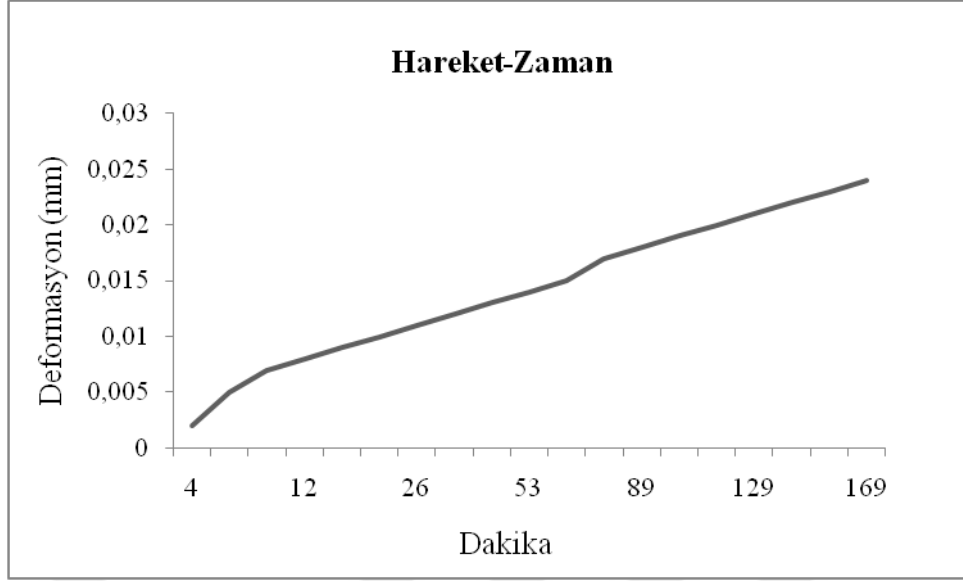
Kayın ağacından üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si olan 62,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 13'te gösterilmiştir.



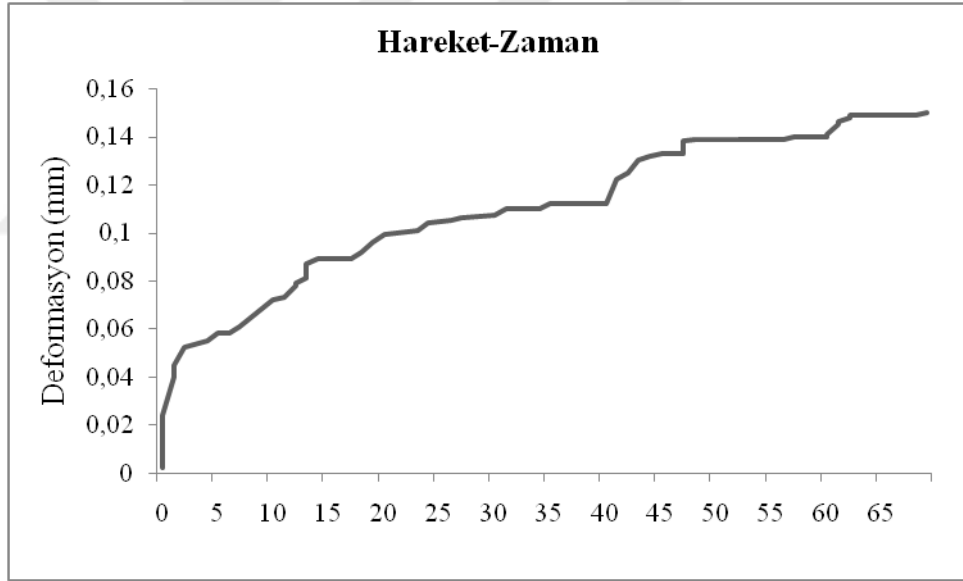
Şekil 13. 3 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği

Şekil 13'den gözlemleneceği üzere önce hızlanan sonra yavaşlayan ve en sonunda azalarak artan üç aşamalı bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 1 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin parçalarının birbirinden tamamen ayrılması şeklinde sonuçlanmıştır.

Kayın ağacından üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 50 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 14'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 14. 1 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

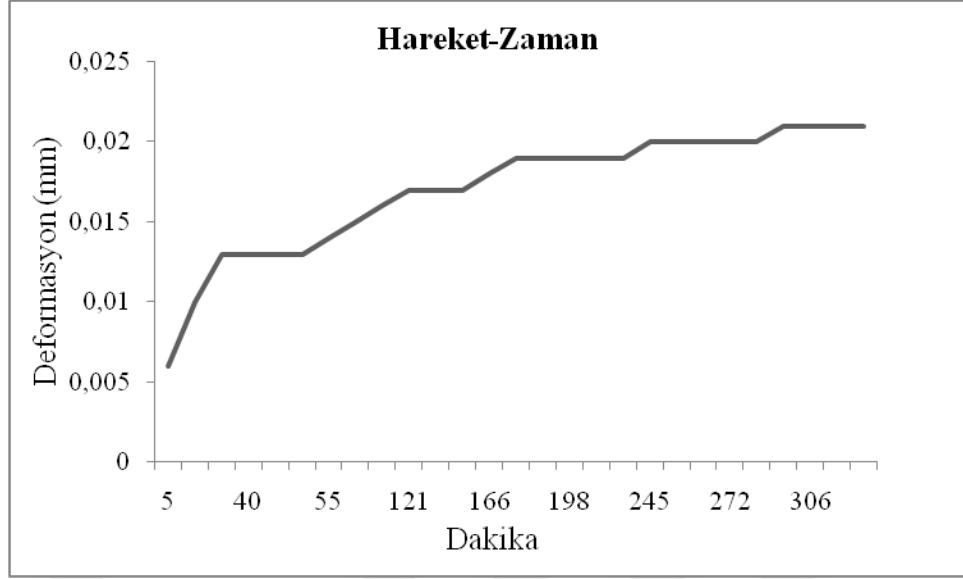
Şekil 14a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiş diğer günlerde daha az aktivite gözlemlenmiş olup doğrusal bir yüklenme hareketi tespit edilmiştir. Şekil 14b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra yavaşlayan ve en sonunda giderek sabitleşen üç aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 77 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin

ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

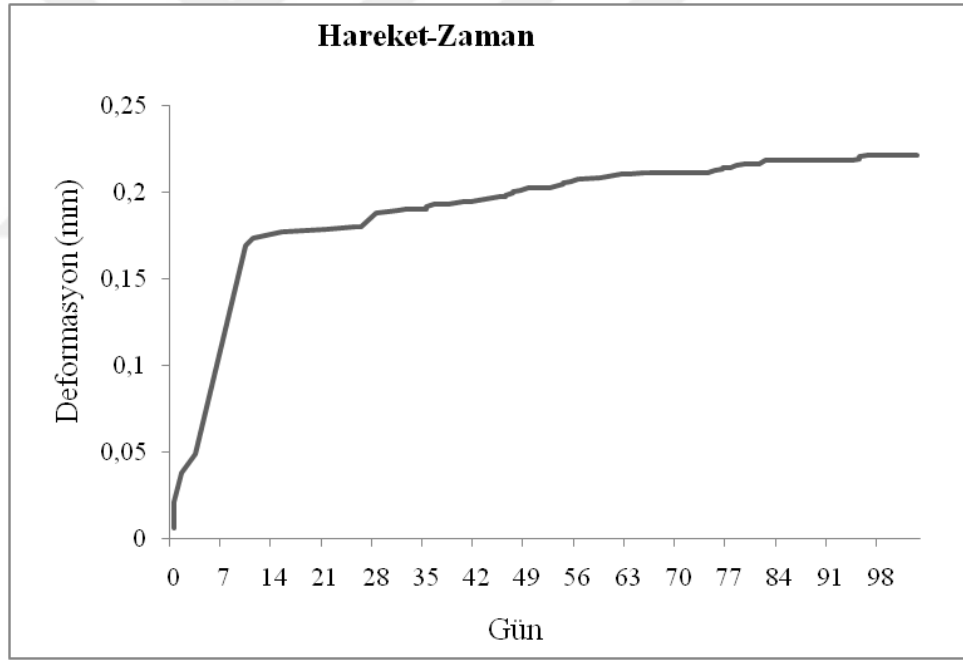


Şekil 15. Sünme testi sonucu zımba ayrılma modu

Kayın ağacından üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 50 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 16'da gösterilmiştir.



(a)



(b)

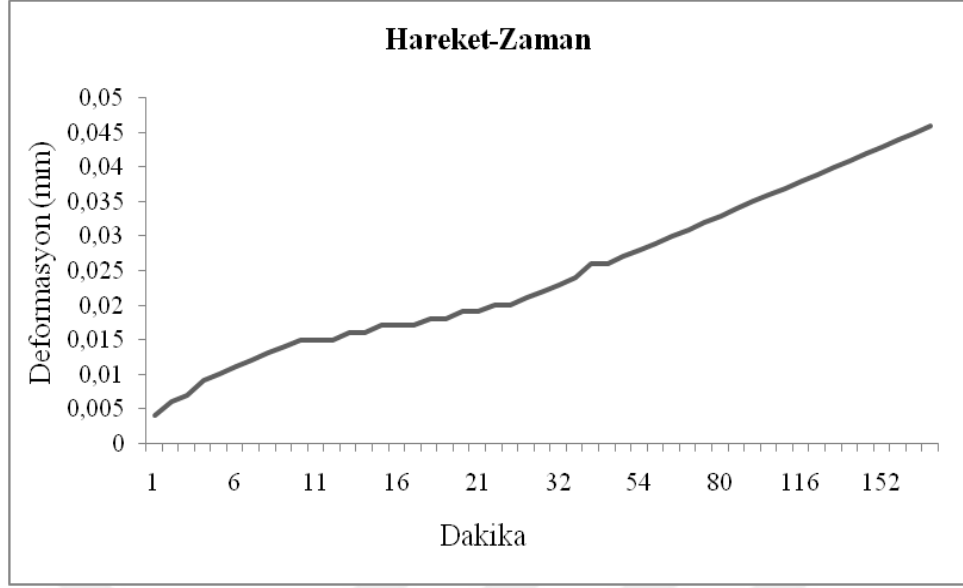
Şekil 16. 2 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 16a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiş diğer günlerde daha az aktivite gözlemlenmiştir. İlk günde azalarak artan bir sünme hareketi tespit edilmiştir. Şekil 16b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra yavaşlayan, sonra tekrar hızlanan ve en sonunda giderek

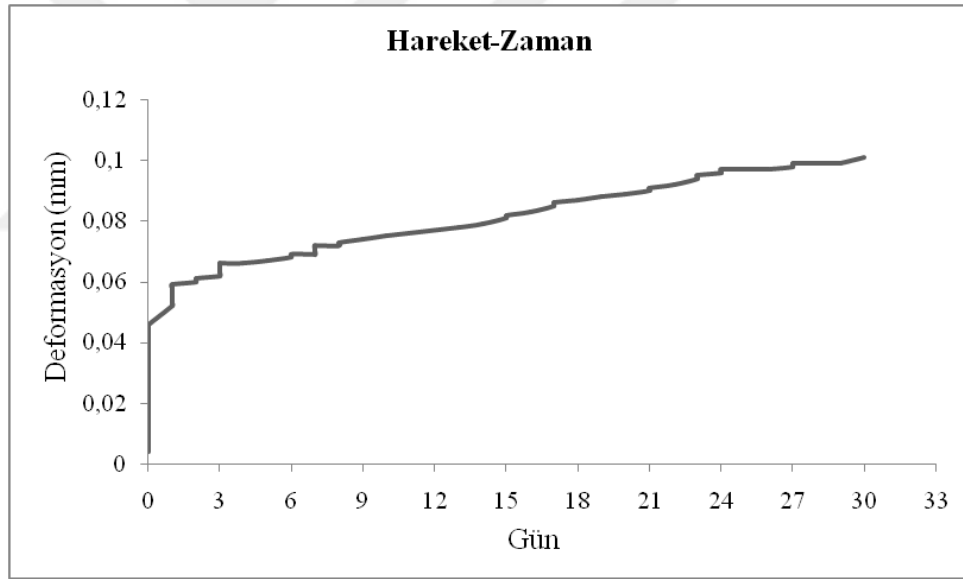
sabitleşen dört aşamalı bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 103 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kayın ağacından üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 50 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 17 'de gösterilmiştir.





(a)



(b)

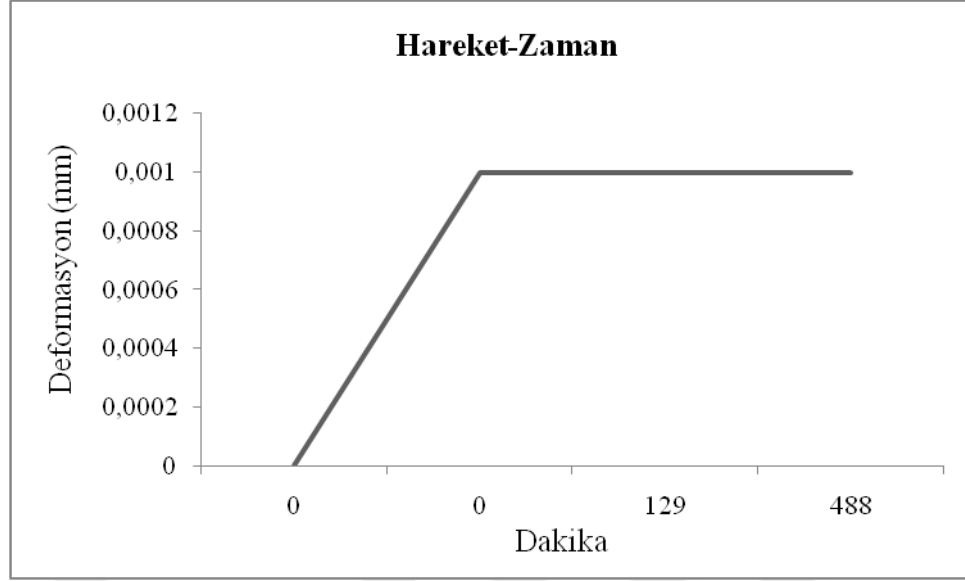
Şekil 17. 3 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 17a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi diğer günlere nazaran ilk günde gözlemlenmiştir. İlk günde neredeyse doğrusal bir sünme hareketi tespit edilmiştir. Şekil 17b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra ve giderek sabitleşen iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Inês Costa ve Joaquim

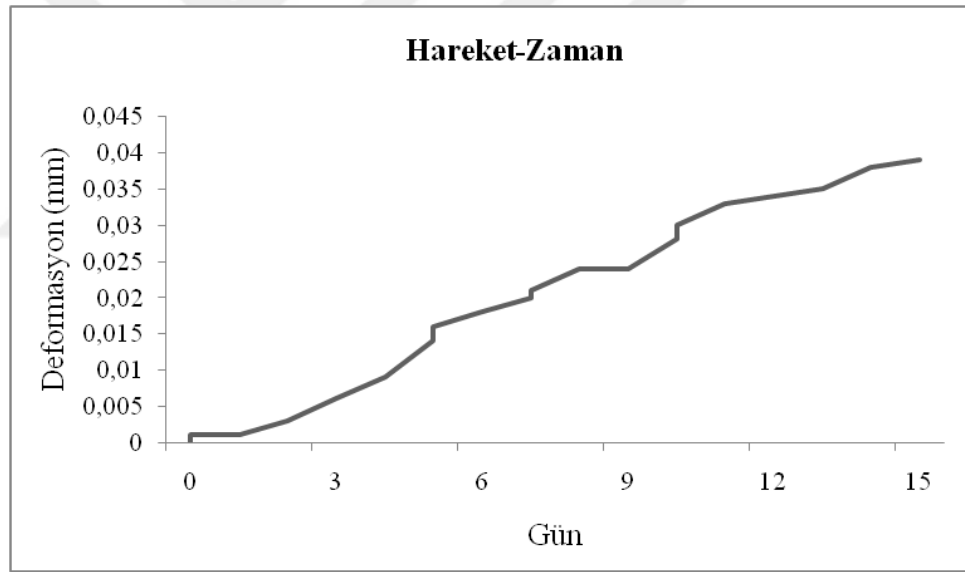
Barros (2015), beton yapıların güçlendirilmesinde halen kullanılan karbon FRP (CFRP) sistemleri ile kullanılan epoksi esaslı bir yapıştırıcının gerilme sünme davranışını karakterize etmeye yönelik bir çalışma yürütmüş ve bu çalışma sonucu iki aşamadan oluşan benzer sünme deformasyon grafiği elde etmişlerdir (Costa ve Barros, 2015). Sünme hareketinin tamamı 30 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kayın ağacından üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 37,5 kg yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 18'de gösterilmiştir.





(a)

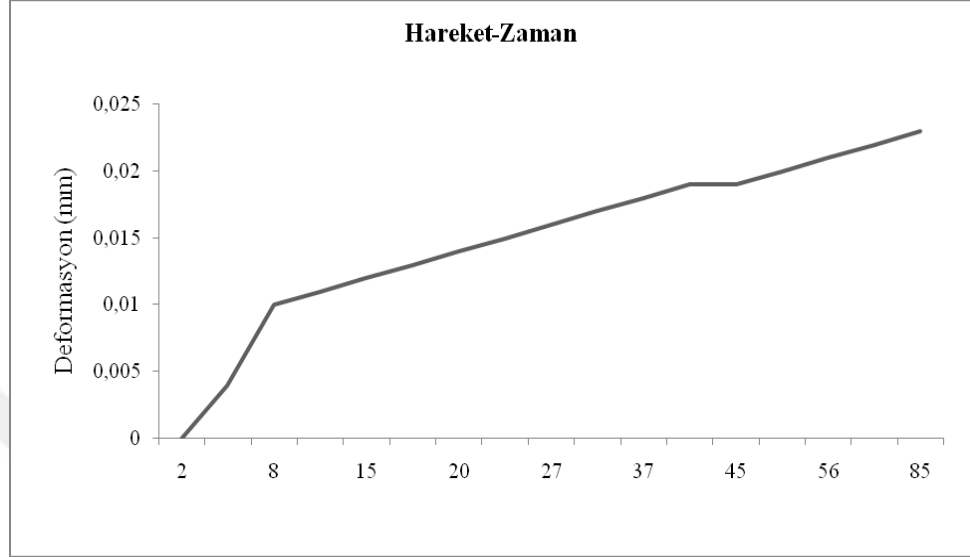


(b)

Şekil 18. 1 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 18a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sünme hareketi ilk günde gerçekleşmiş olup önce hızlanan sonra azalarak artan iki aşamalı bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 16 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin parçaları birbirinden ayrılmasıyla sonuçlanmıştır. Şekil 11 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kayın ağacından üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 37,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 19'da gösterilmiştir.



(a)

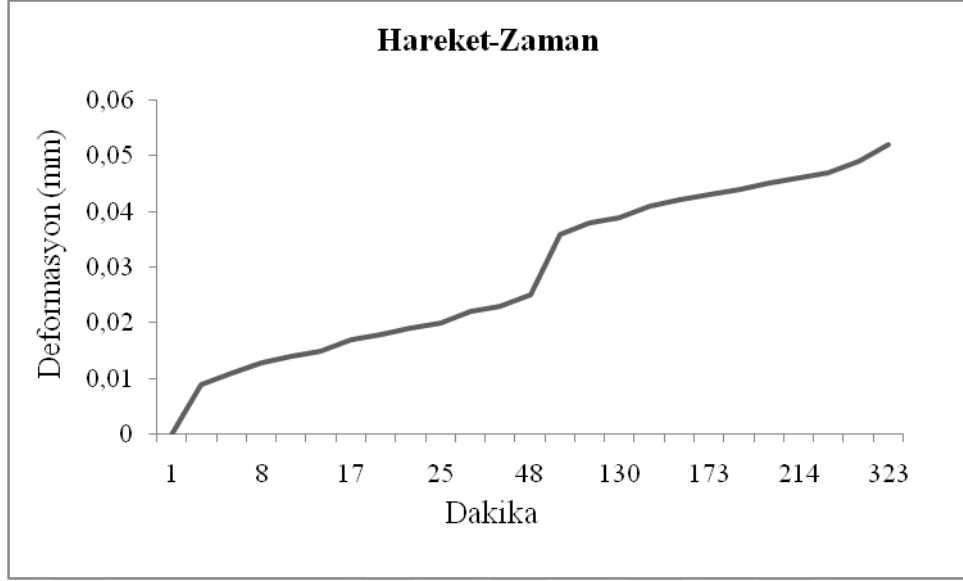


(b)

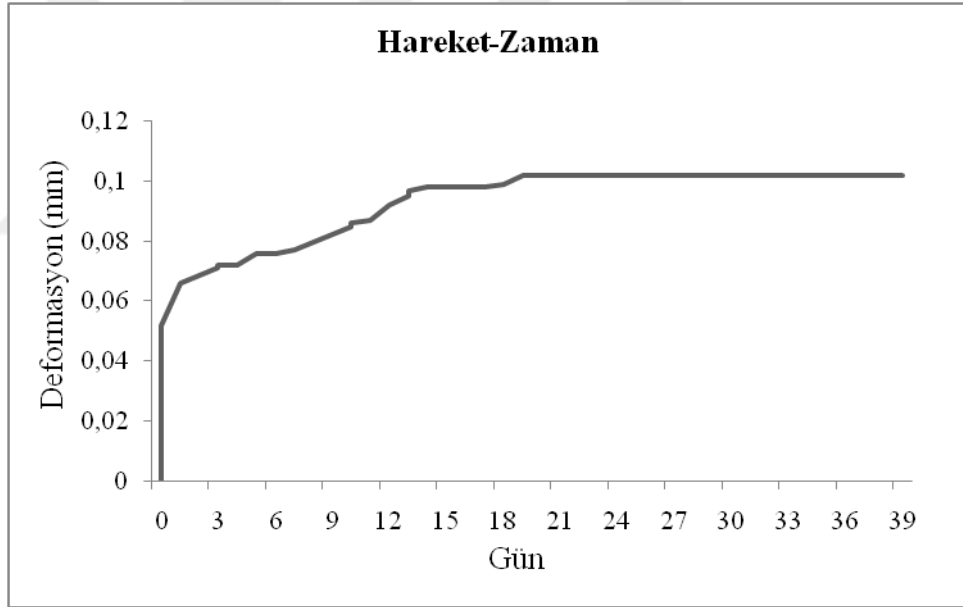
Şekil 19. 2 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 19a'da görüldüğü gibi en fazla sayıda sünme aktivitesi diğer günlere nazaran ilk günde gözlemlenmiştir. İlk güne önce doğrusal artan sonra hızlı artan ve sonra tekrar doğrusal artan bir hareket gözlemlenmiştir. Şekil 19b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra azalarak artan ve giderek sabitleşen üç aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 80 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden az miktarda çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kayın ağacından üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 37,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 20'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

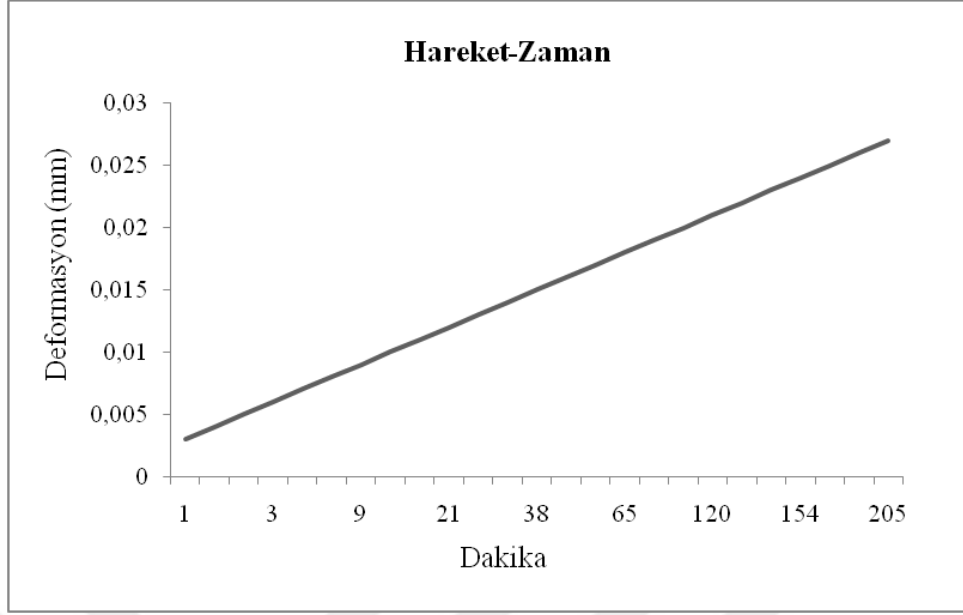
Şekil 20. 3 nolu kayın birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 20a'da diğer kayın ağaç örneklerinde olduğu gibi en fazla sayıda sünme aktivitesi diğer günlere nazaran ilk günde gözlemlenmiştir. İlk günde önce doğrusal artan sonra azalarak artan sonra tekrar artan ve sonra tekrar azalarak artan bir hareket gözlemlenmiştir. Şekil 20b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce

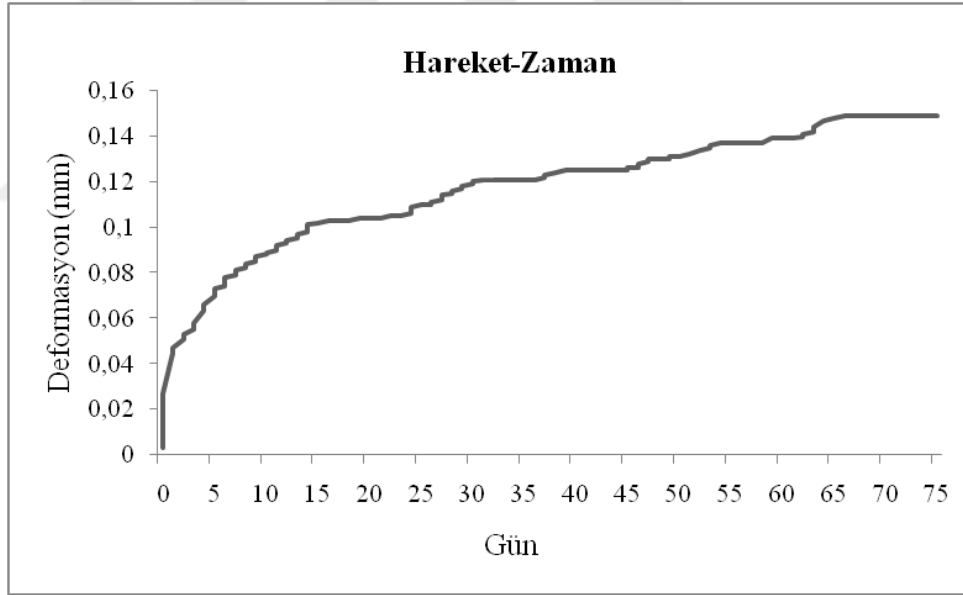
hızlanan sonra azalarak artan ve sabitleşen üç aşamalı bir eğilim gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 39 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden az miktarda çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir. Kayın örneklerine ait sünme sonrası oluşan deformasyon- zaman grafiğine bakıldığında genel olarak üç aşamalı yani önce hızla artan, sonra azalarak artan ve en son olarak da gittikçe sabitleşen bir sünme eğrisi gözlemlenmiştir.

3.2.2. Kızılağaç Birleştirme Yerleri

Kızılağaçtan üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 53 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman eğrisi Şekil 21'de gösterilmiştir.



(a)



(b).

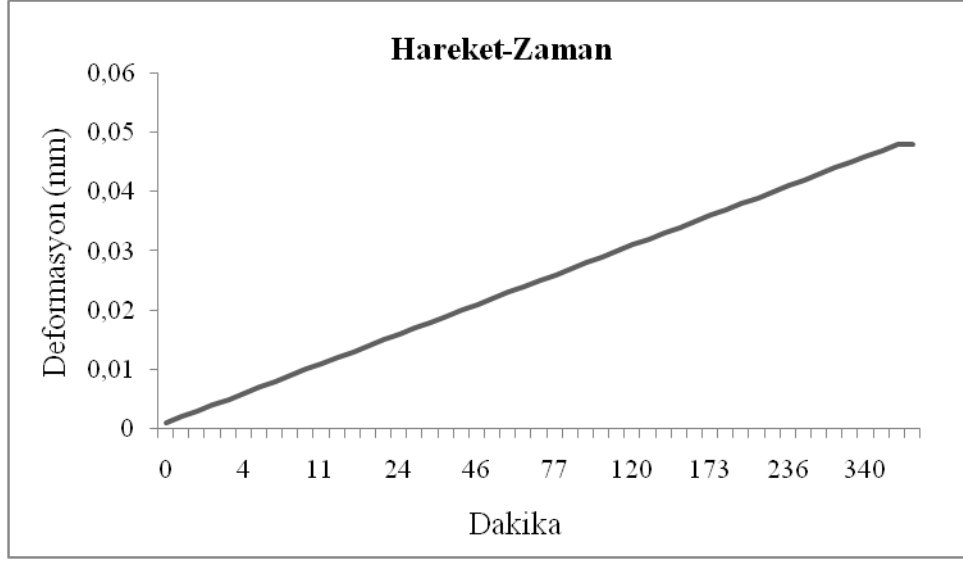
Şekil 21. 1 nolu kızılgaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 21a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiş diğer her bir günde daha az aktivite gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme eğrisi elde edilmiştir. Şekil 21b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan iki aşamalı

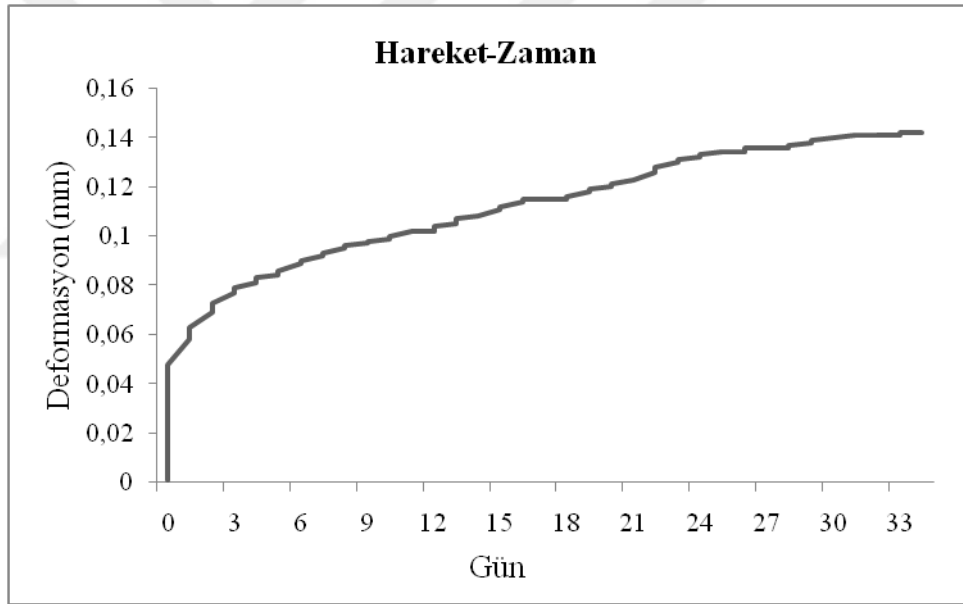
bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 75 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 53 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 22'de gösterilmiştir.





(a)



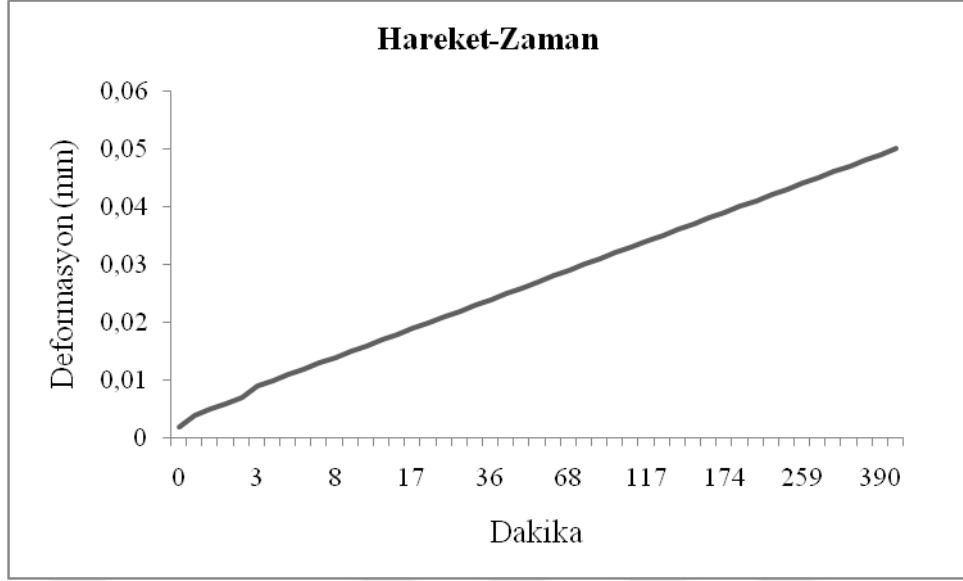
(b)

Şekil 22. 2 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

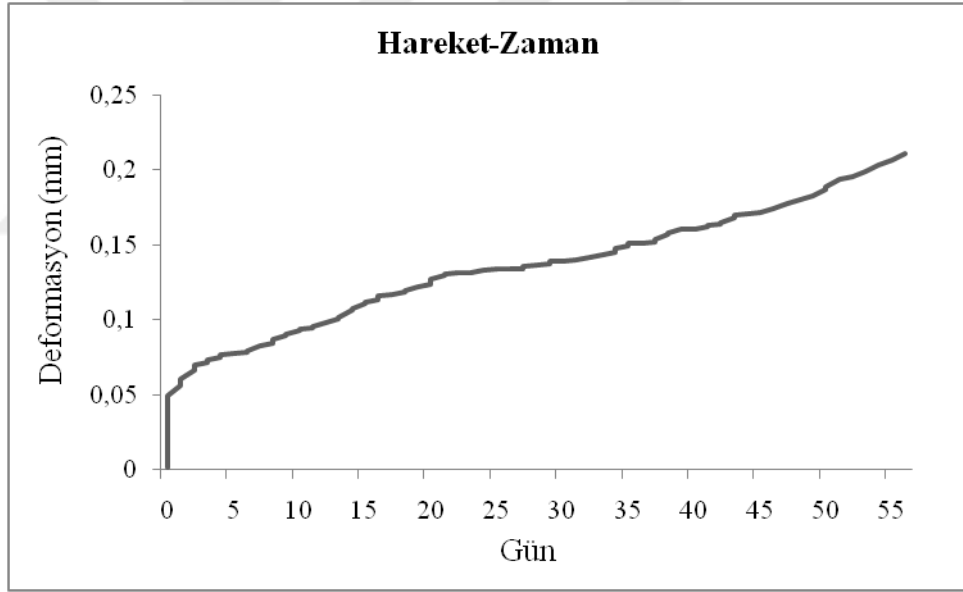
Şekil 22a'dan gözlemleneceği üzere diğer sünme örneklerinde olduğu gibi en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiş diğer her bir günde daha az aktivite gözlemlenmiştir. Kızılağaçtan üretilen 1 nolu sünme hareketinde olduğu gibi ilk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yüklem eğrisi elde edilmiştir. Yine 1 nolu sünme hareketinde olduğu gibi Şekil 22b'de tüm sünme hareketine ait grafikte önce hızlanan

sonra yavaşlayarak artan iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 33 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Jimmy Johansson ve Jonaz Nilsson (2017) ahşap esaslı hafif sandviç tip panelin sünme davranışını gözleme ve bu tip bir panelin masif ahşaba benzer bir sünme için benzer özelliklere sahip olup olmadığını görmeyi amaçlayan bir çalışma yürütmüş ve çalışma sonucu örnekler üzerinde sünme deformasyonu sonucu önce hızlanan sonrasında azalarak artan iki aşamalı bir sünme deformasyon grafiği elde etmişlerdir (Johansson ve Nilsson, 2017). Çalışmamız, söz konusu çalışmayla sünme deformasyon grafiği noktasında benzerlik göstermiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 53 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 23'de gösterilmiştir.



(a)



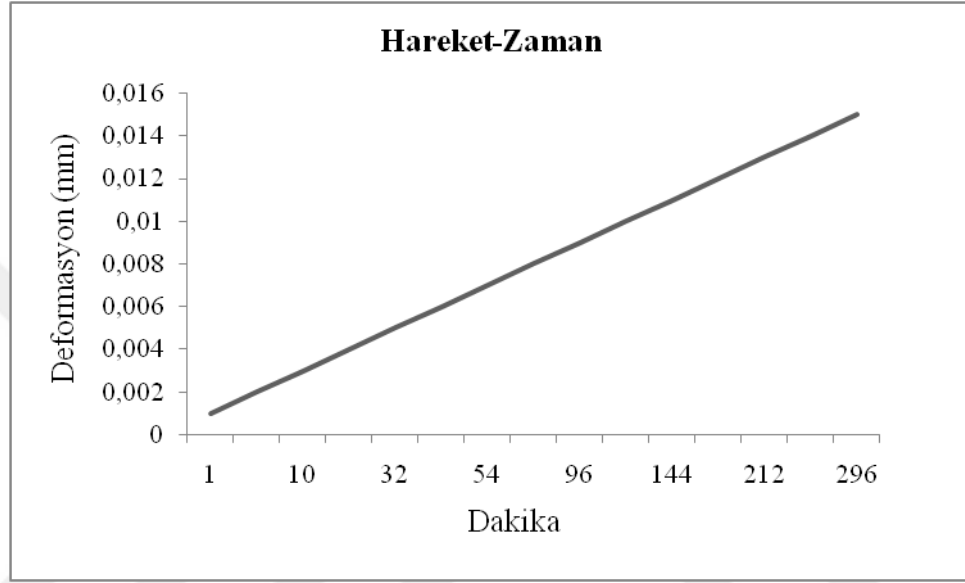
(b)

Şekil 23. 1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

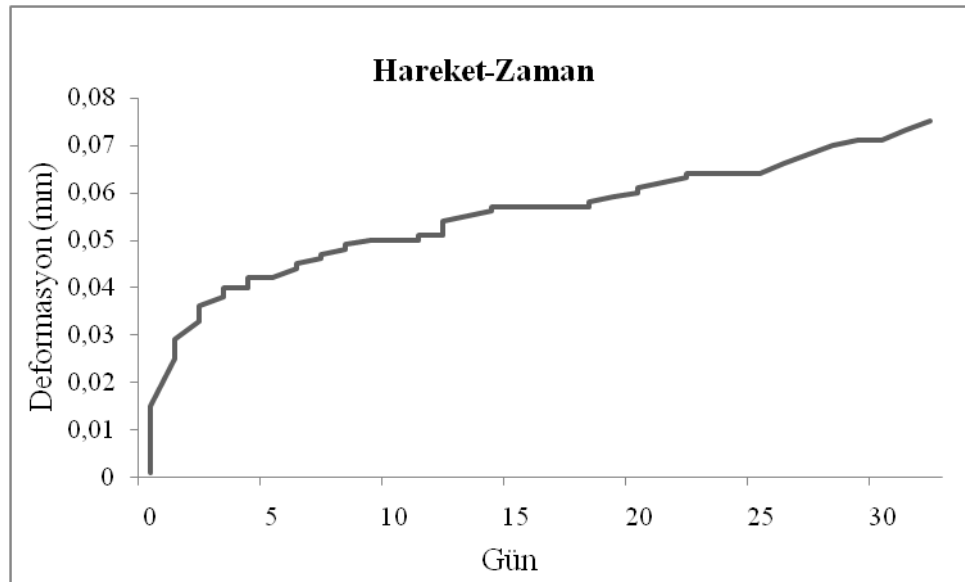
Şekil 23a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme eğrisi elde edilmiştir. Şekil 23b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 42 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç

malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 42,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 24'de gösterilmiştir.



(a)

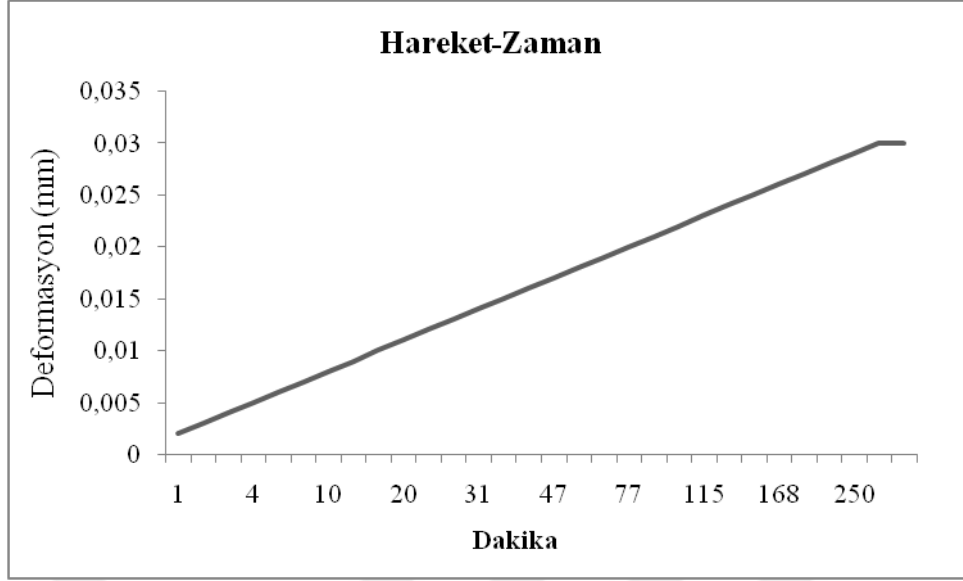


(b)

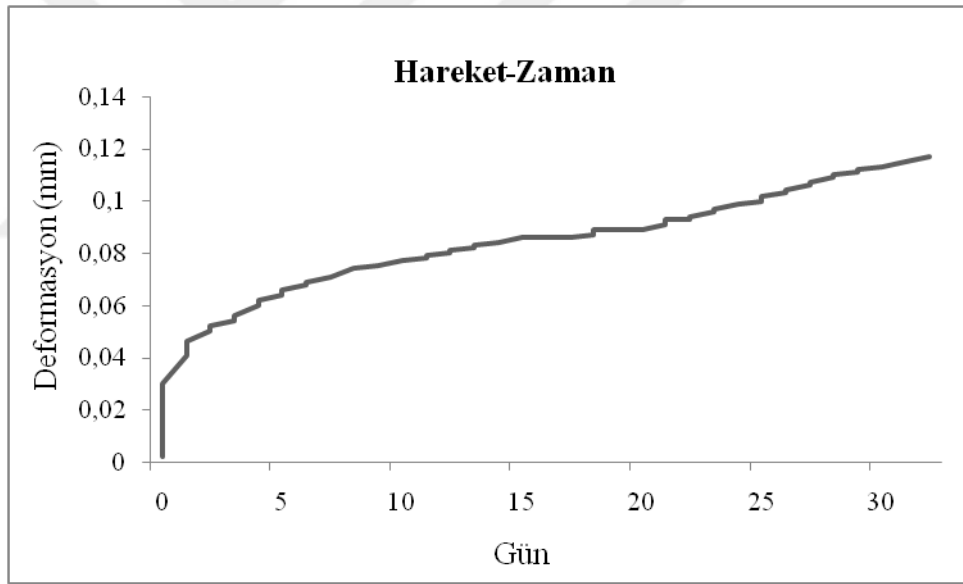
Şekil 24. 1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 24a'dan gözlemleneceği gibi en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiş olup diğer günlerde daha az hareket gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme eğrisi elde edilmiştir. Şekil 24b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra sabit hızla artan iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Nziengui vd., (2018), bağıl nem, sıcaklık ve nem içeriğindeki değişikliklerin douglas köknarının ve beyaz köknarın çentikli kırımlarının sünme hareketi üzerindeki etkisi üzerine yaptıkları araştırmalarında, örnekler üzerinde sünme deformasyonu sonucu önce hızlanan sonra sabit hızla artan iki aşamalı bir sünme deformasyon grafiği elde etmiştir. Sünme hareketinin tamamı 32 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 benzer ayrılma modunu gösterilmektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 42,5 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 25'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

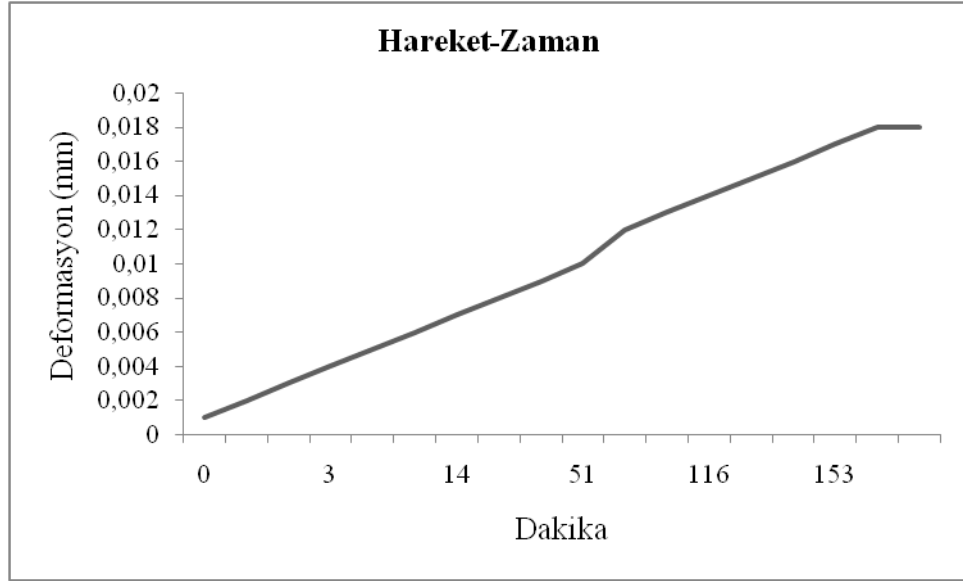
Şekil 25. 2 nolu kızılğaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 25a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir hareket eğrisi gözlemlenmiştir. Şekil 25b'de tüm sünme hareketine ait grafik gösterilmiş olup önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Aynı hareket bir önceki grafiklerden gözlemleneceği üzere kızılğaç % 40 1 nolu örnekte

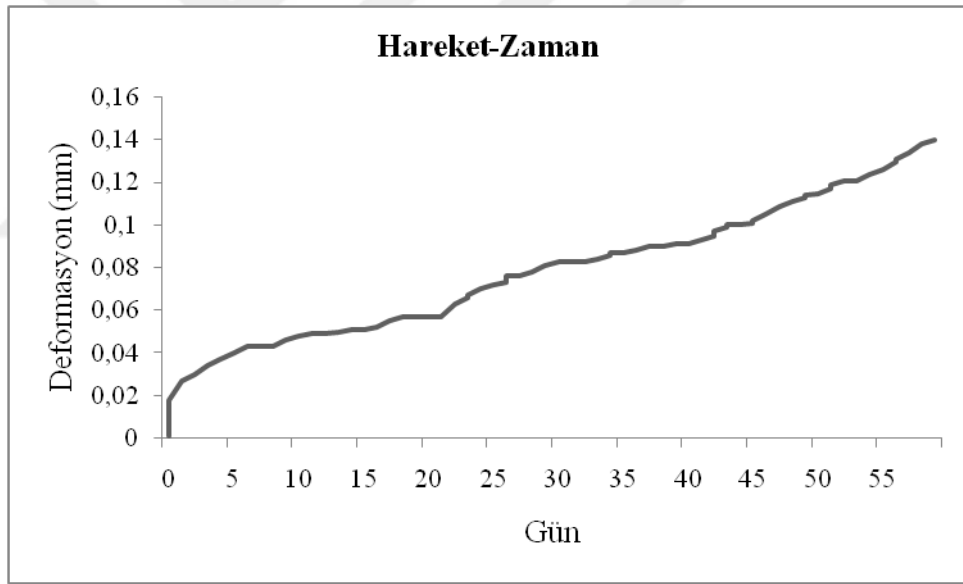
görülmüştür. Sünme hareketinin tamamı 32 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15’de bu ayrılma moduna ait örnek resim gösterilmektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40’ı oranında uygulanan 42,5 kg’lık altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 26’da gösterilmiştir.





(a)



(b)

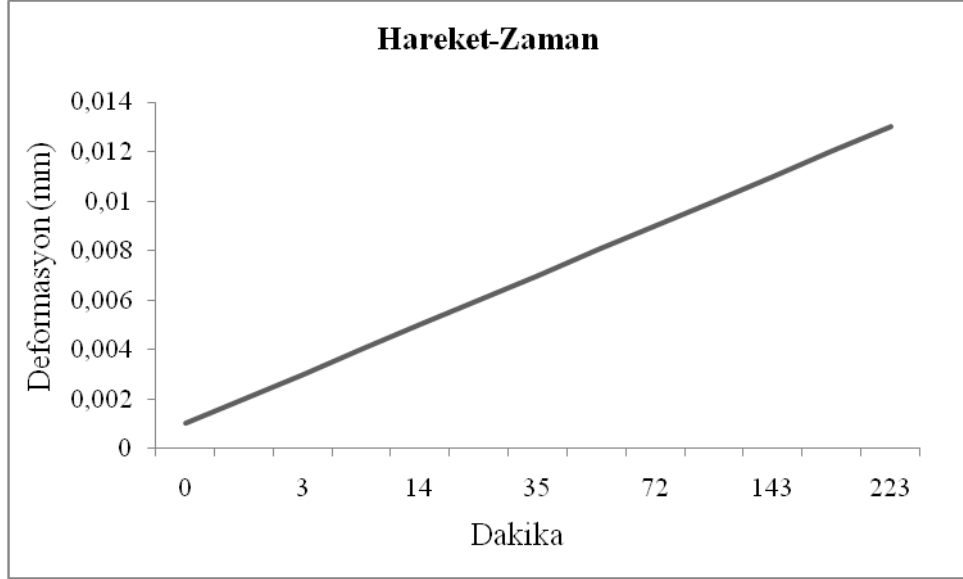
Şekil 26. 1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 26a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir sünme grafiği elde edilmiştir. Söz konusu kızılağaç birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 26b'de gösterilmektedir. Buna göre önce hızlanan sonra azalarak artmaya devam eden iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 50 gün sürmüştür ve test

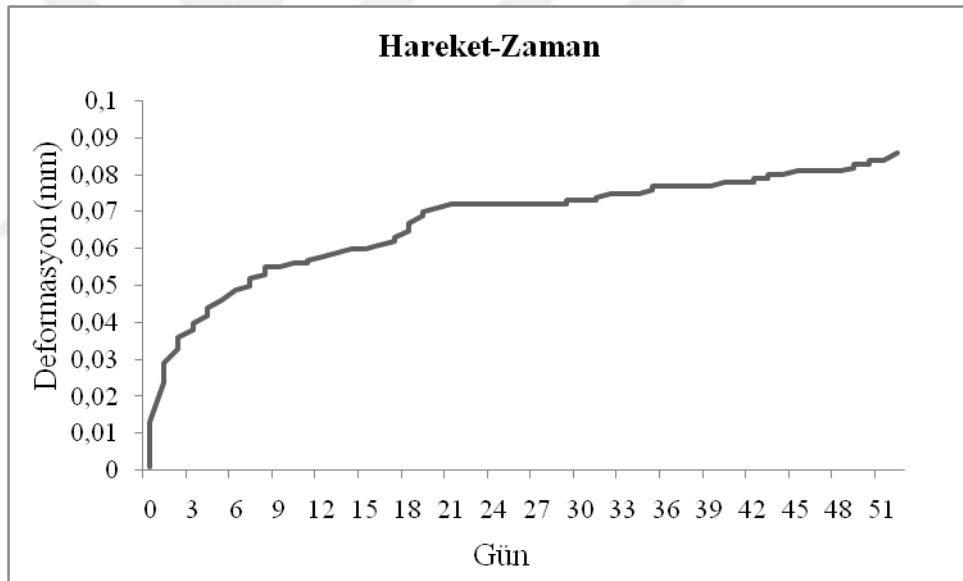
birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekteŖmiřtir. Ŗekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 32 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Ŗekil 27'de gösterilmiştir.





(a)



(b)

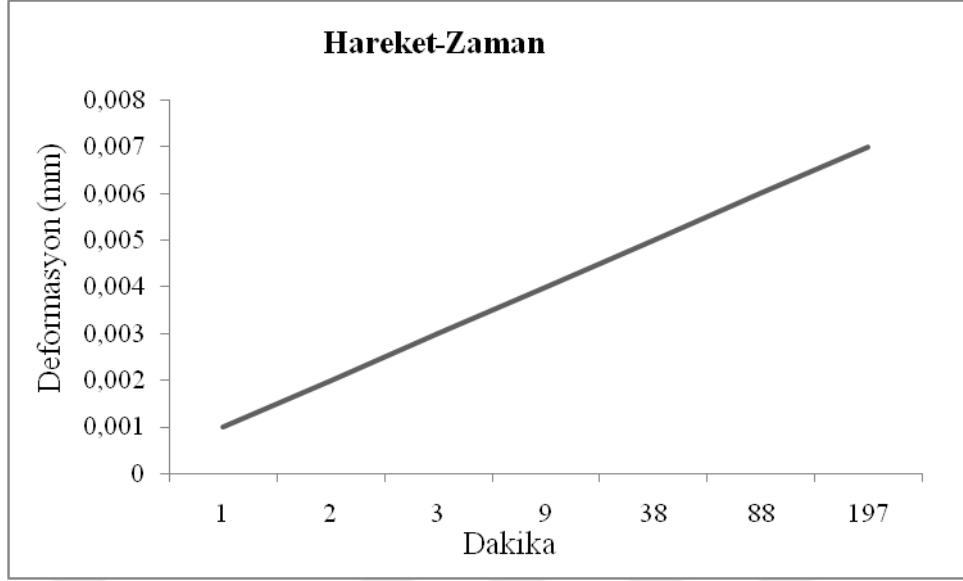
Şekil 27. 1 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 27a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiş olup diğer her bir günde daha az aktivite gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme grafiği elde edilmiştir. Şekil 27b'de tüm sünme hareketine ait grafikte önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 52 gün sürmüştür ve test

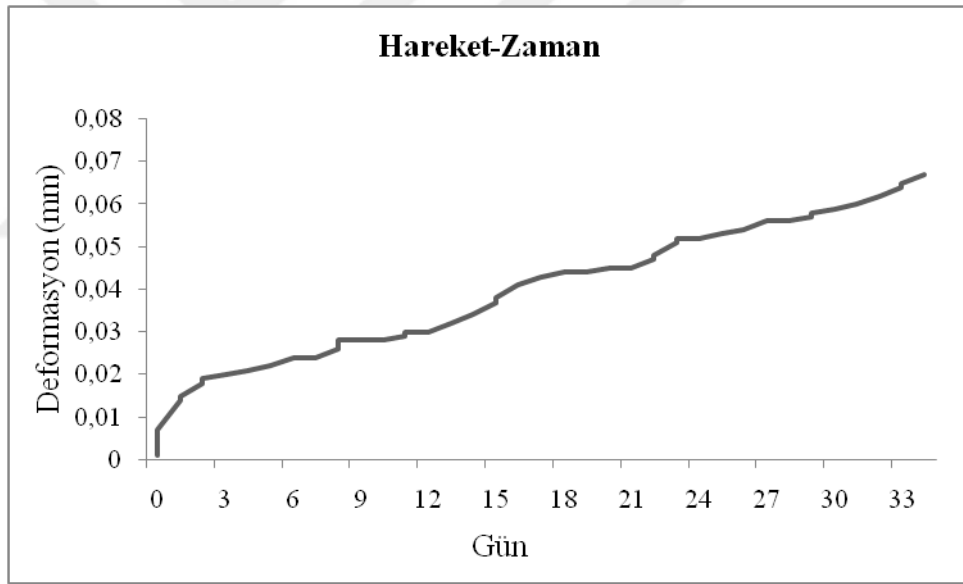
birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması şeklinde gerçekleşmiştir. şekil 15’de örnek ayrılma modu gözlemlenmiştir.

Kızılağaçtan üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30’u oranında uygulanan 32 kg’lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği şekil 28’de gösterilmiştir.





(a)



(b)

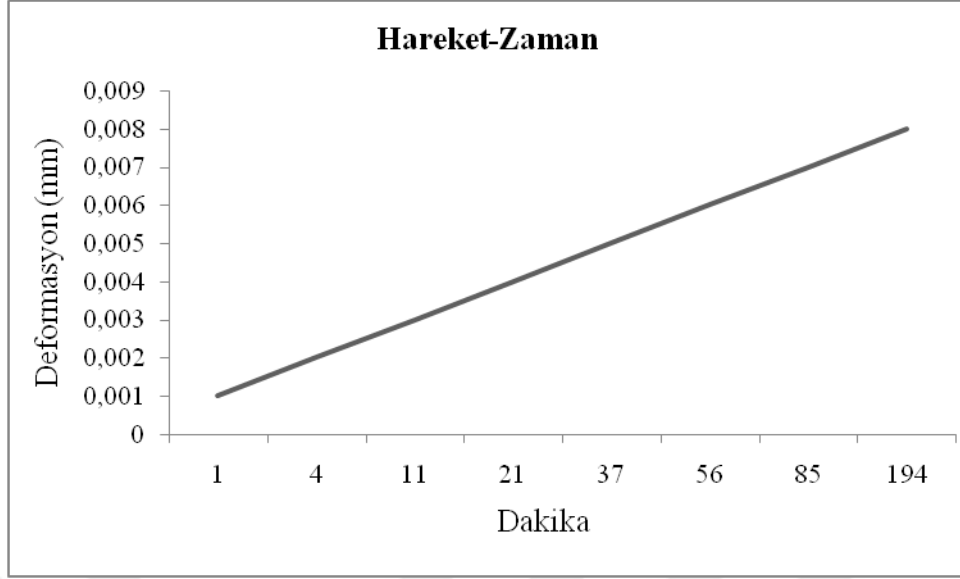
Şekil 28. 2 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 28a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir ve diğer her bir günde daha az aktivite gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme grafiği elde edilmiştir. Şekil 28b'de tüm sünme hareketine ait grafikte önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 34 gün sürmüştür ve test

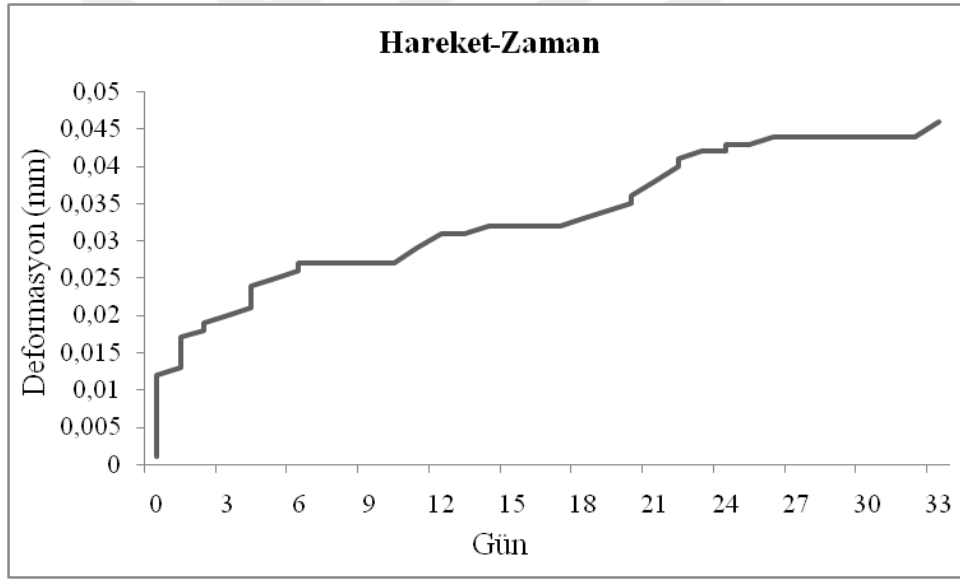
birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Kızılağaçtan üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 32 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 29'da gösterilmiştir.





(a)



(b)

Şekil 29. 3 nolu kızılağaç birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

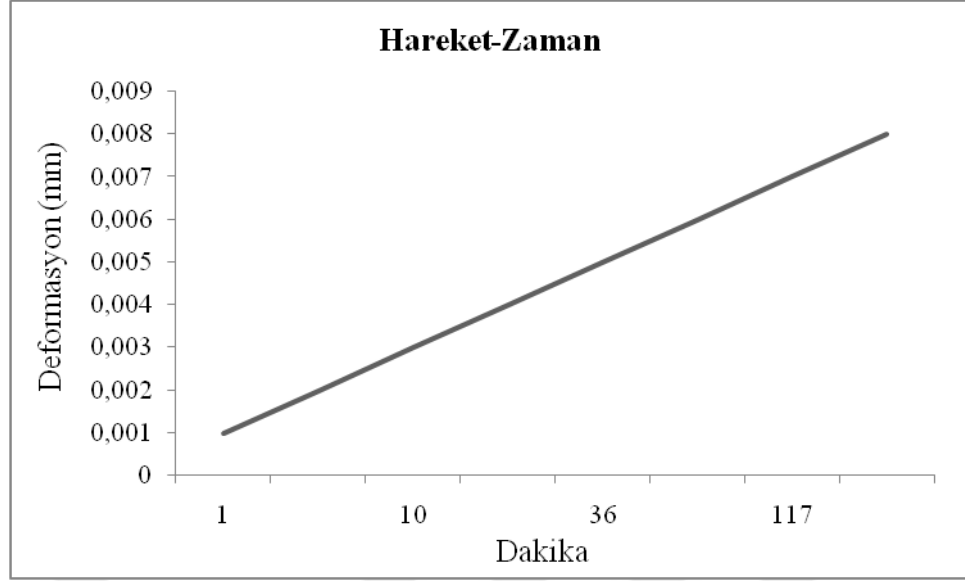
Şekil 29a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme grafiği elde edilmiştir. Söz konusu kızılağaç birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 29b'de gösterilmektedir. Buna göre önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 33 gün sürmüştür ve test

birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

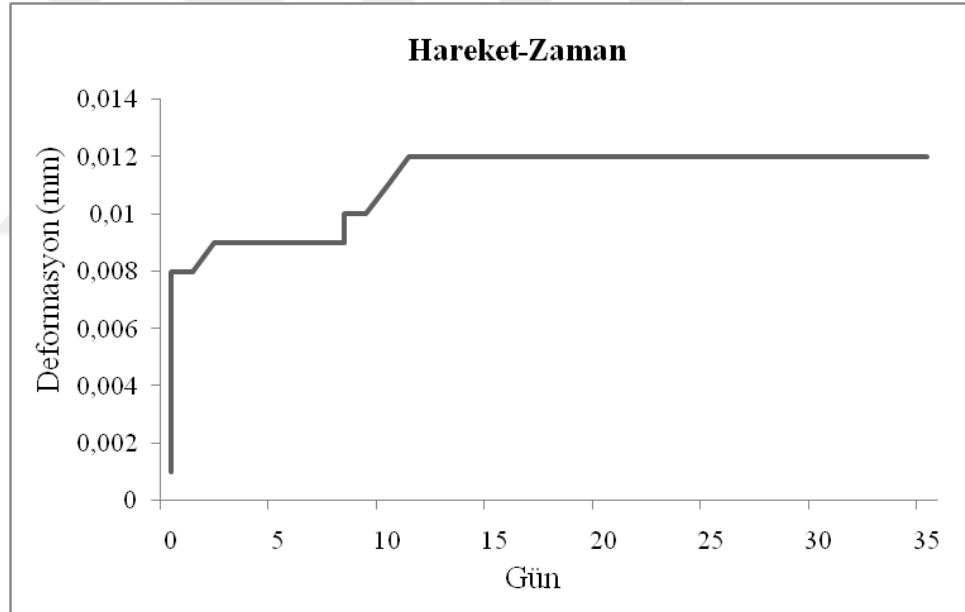
Genel itibariyle kızılğaçtan üretilmiş birleştirme yerlerinin hemen hepsi her üç yük seviyesi altında gösterdiği sünme hareketi önce hızlanan ve azalarak artan olmak üzere iki aşamalı bir sünme deformasyonu grafiğı göstermiştir.

3.2.3. Sarıçam Birleştirme Yerleri

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 41 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiğı Şekil 30'da gösterilmiştir.



(a)



(b)

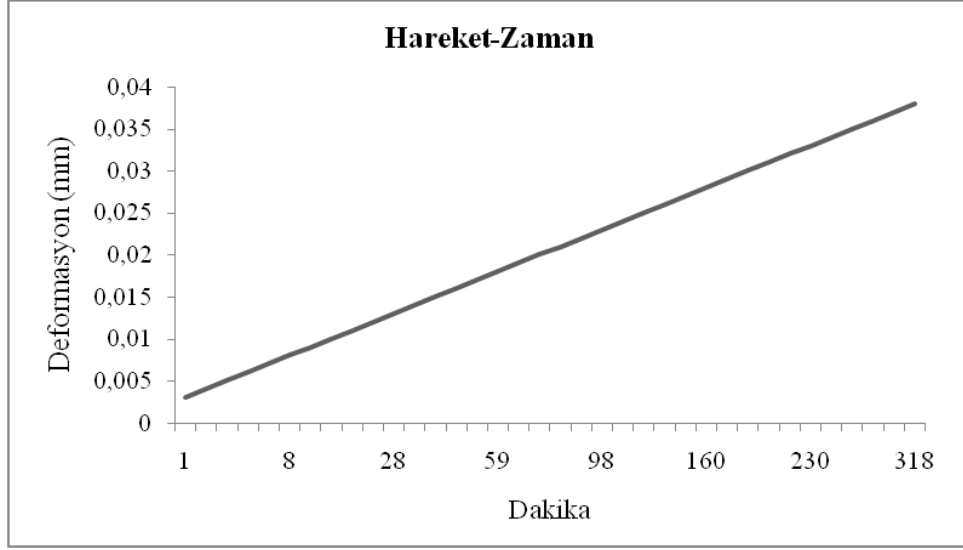
Şekil 30. 1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 30a'dan gözlemleneceği gibi en fazla sayıda sünme hareketi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir deformasyon grafiği elde edilmiştir. Söz konusu sarıçam birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 30b'de gösterilmiş olup genel itibariyle üç aşamalı bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. İlk

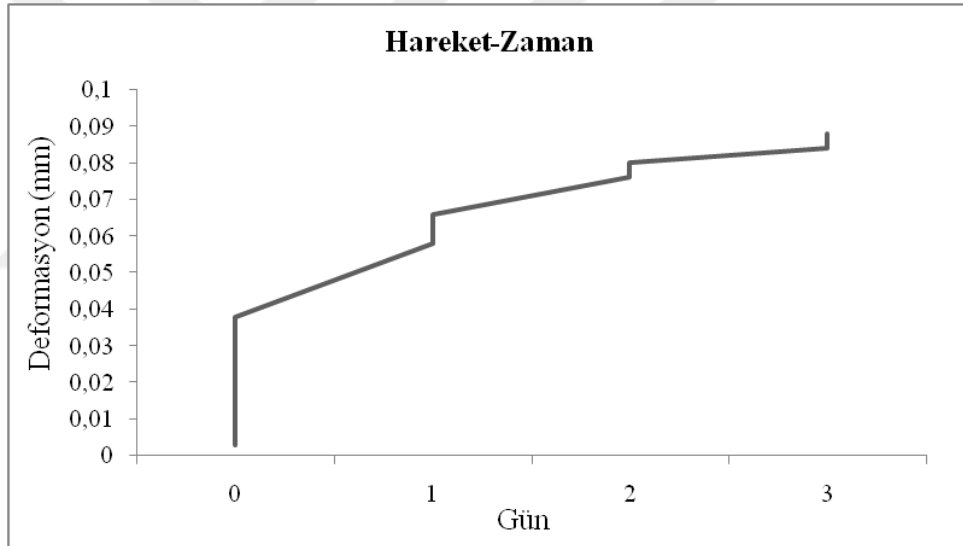
aşamada hızlı artan bir sünme hareketi mevcutken ikinci aşamada ise birleştirme yeri doğrusal artan, sonra sabit artan ve tekrar doğrusal artan olmak üzere kararsız bir sünme davranışı göstermiştir. Üçüncü ve son aşamada ise sünmenin sonlandığı sabitleşmenin elde edildiği bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 34 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması şeklinde gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 41 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 31'de gösterilmiştir.





(a)



(b)

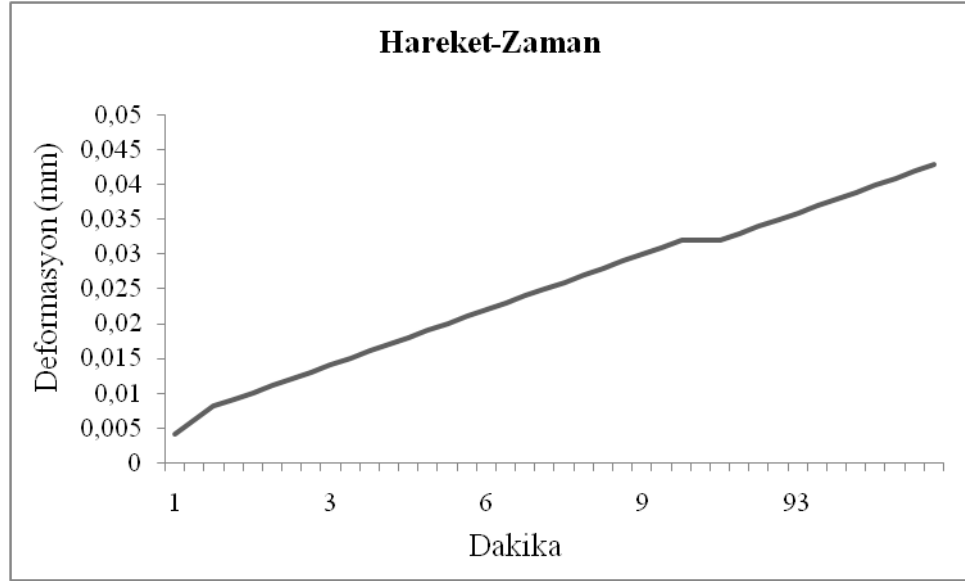
Şekil 31. 2 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 31a'dan gözlemleneceği gibi en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk günde gerçekleşmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir sünme eğrisi elde edilmiştir. Şekil 31b'de önce doğrusal artan, sonra yavaşlayarak artan ve sonra kopan olmak üzere üç aşamalı bir hareket gözlemlenmiş olup bu birleştirme yeri tıpkı % 50 yük altında sünme testi sonucu kopma gösteren kayın birleştirme yerleri gibi davranmıştır. Keza % 50 yük üzeri sünme ölçümlerinde ani kopmalar meydana geldiğinden, kayın birleştirme yerleri

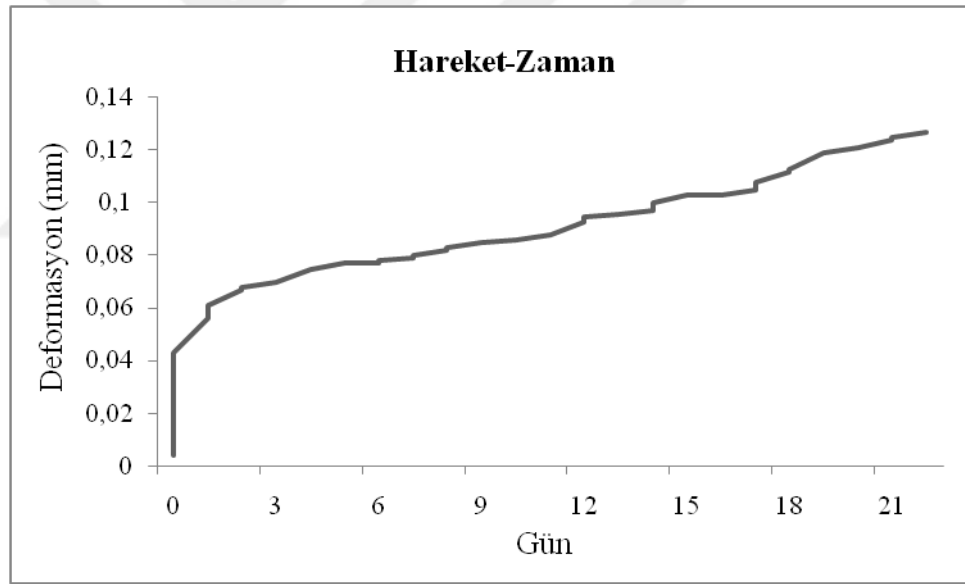
için maksimum yük seviyesi olarak % 50 belirlenmişti. Sünme hareketinin tamamı 3 gün sürmüştür ve test birleştirme yeri parçaları birbirinden ayrılmasıyla sonuçlanmıştır. Şekil 11 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 50'si oranında uygulanan 41 kg'lık yük kg altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 32'de gösterilmiştir.





(a)



(b)

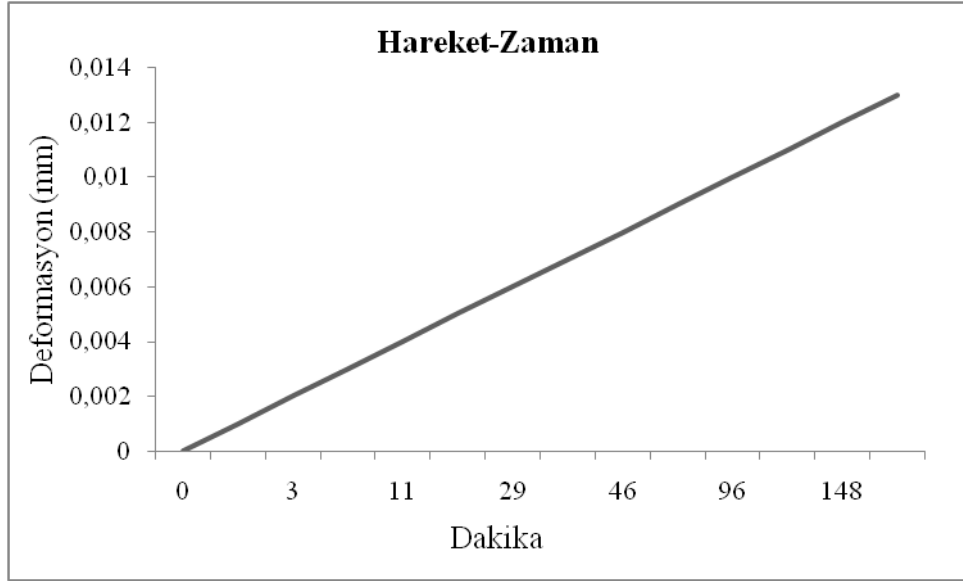
Şekil 32. 1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 32a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir ve diğer günlerde daha az aktivite gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yüklem grafiği elde edilmiştir. Tüm sünme hareketine ait grafik olan Şekil 32b'de önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere toplamda iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 22 gün sürmüştür ve

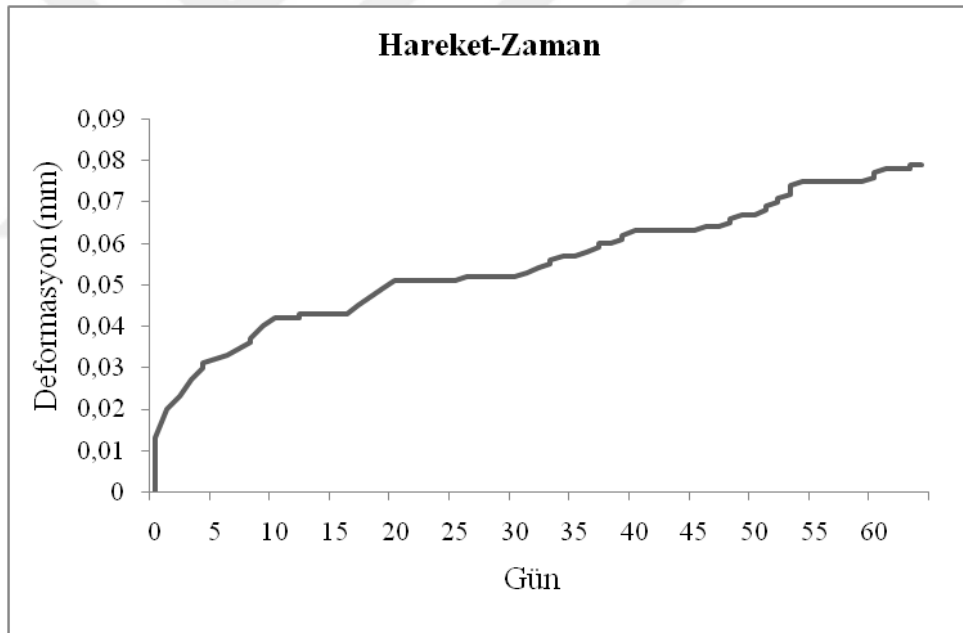
test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 33 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 33'te gösterilmiştir.





(a)



(b)

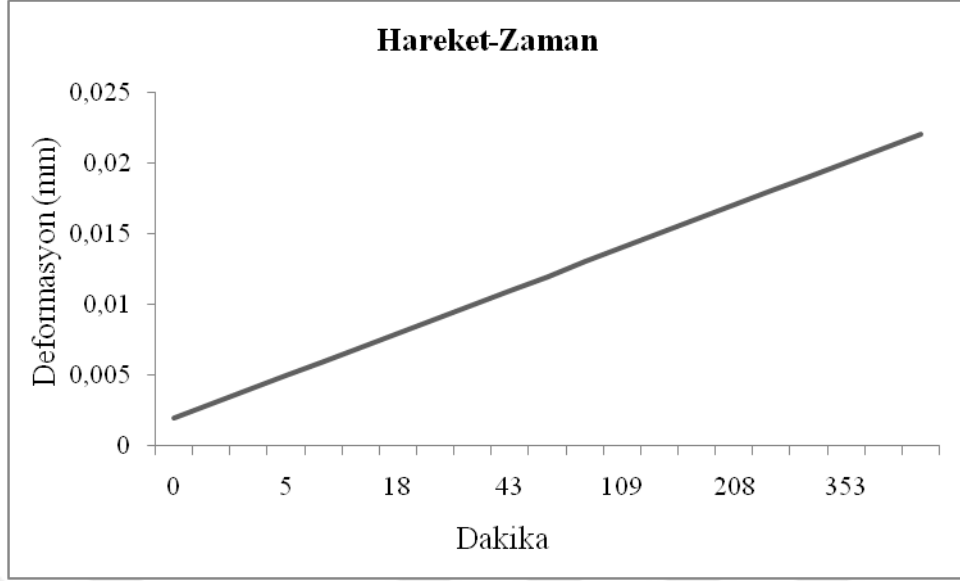
Şekil 33. 1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 33a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir sünme grafiği elde edilmiştir. Tüm sünme hareketine ait grafik olan Şekil 33b'de önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere toplamda iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme

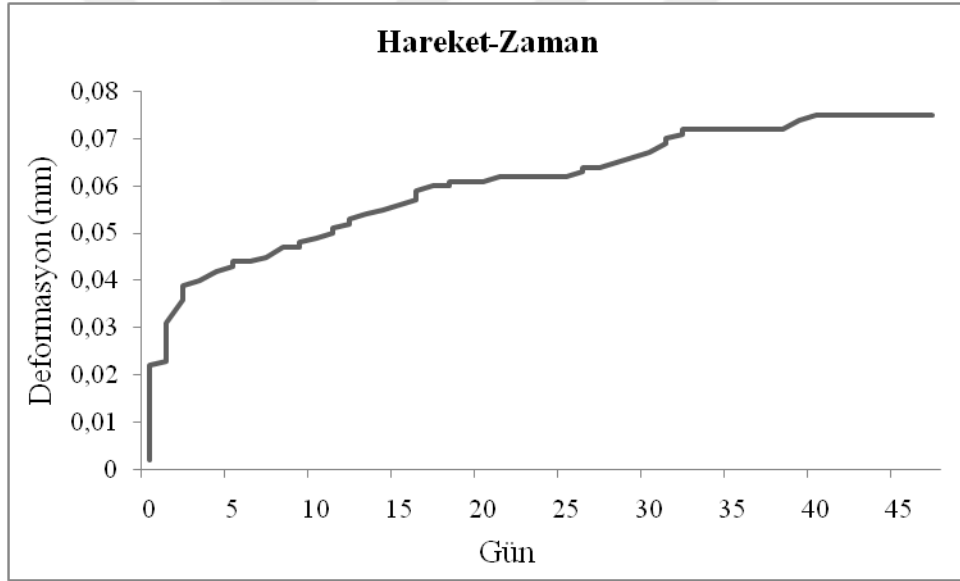
hareketinin tamamı 65 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 33 kg'lık altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 34'te gösterilmiştir.





(a)



(b)

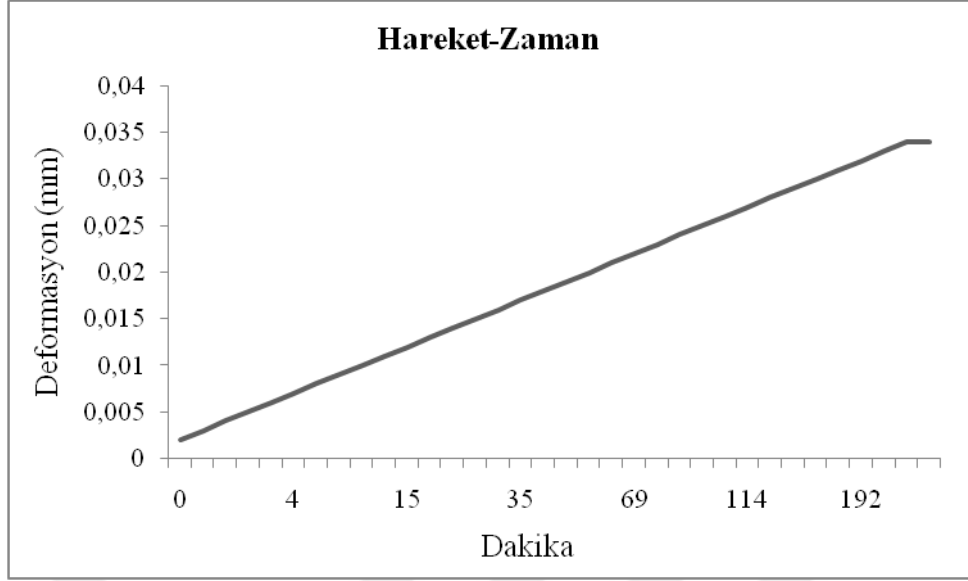
Şekil 34. 2 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 34a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yüklem grafiği elde edilmiştir. Söz konusu sarıçam birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 34b'de gösterilmektedir. Buna göre önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan ve gittikçe sabitleşen olmak üzere üç aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Wilkinson, T.L. (1986) benzer

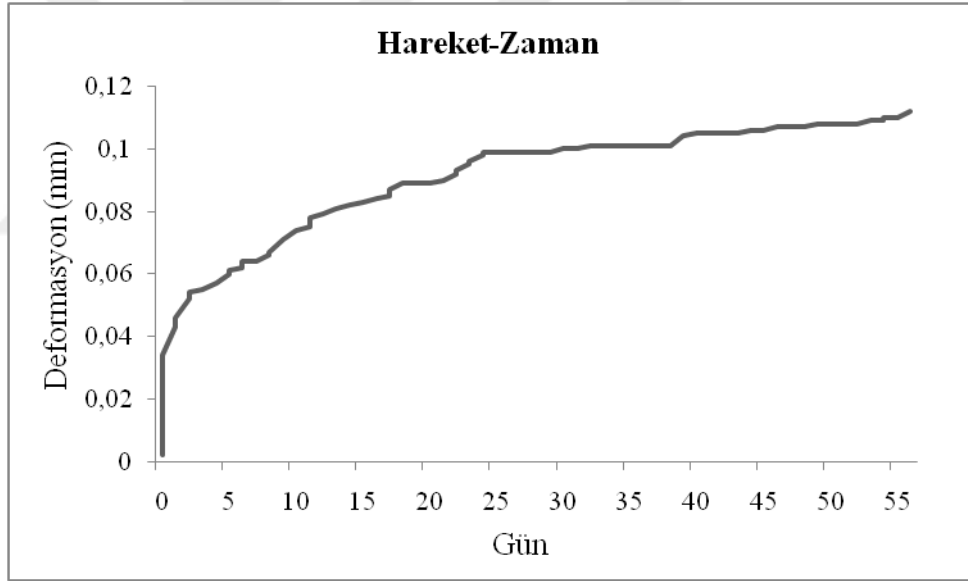
çalışmasında, iki ahşap türünden ve iki farklı çividen oluşan palet birleştirme yeri örneklerinin sünme rotasyonu üzerine çalışmış ve çalışma sonucu örnekler üzerinde sünme deformasyonu sonucu önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan ve gittikçe sabitleşen olmak üzere üç aşamalı bir sünme deformasyon grafiği elde etmiştir. Sünme hareketinin tamamı 47gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekteşmiştir. şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 40'ı oranında uygulanan 33 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği şekil 35'te gösterilmiştir.





(a)



(b)

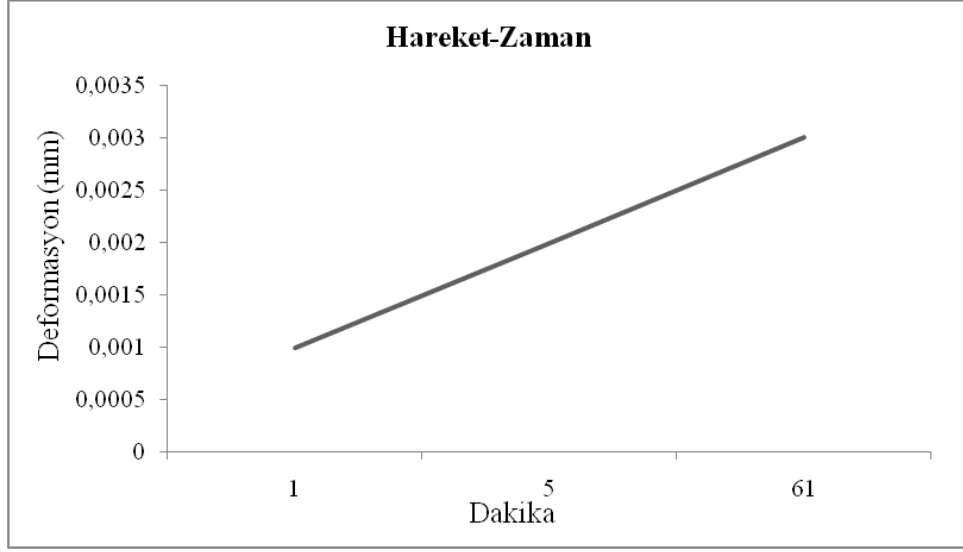
Şekil 35. 3 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 35a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir sünme grafiği elde edilmiştir. Söz konusu sarıçam birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 35b'de gösterilmektedir. Buna göre önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan ve gittikçe sabitleşen olmak üzere üç aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 56 gün

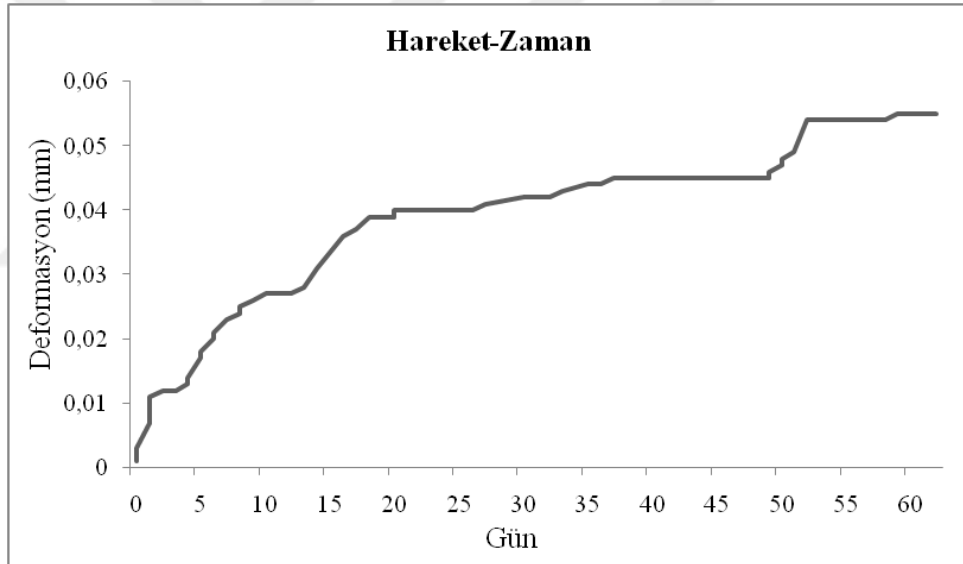
sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 1 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 25 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 36'da gösterilmiştir.





(a)



(b)

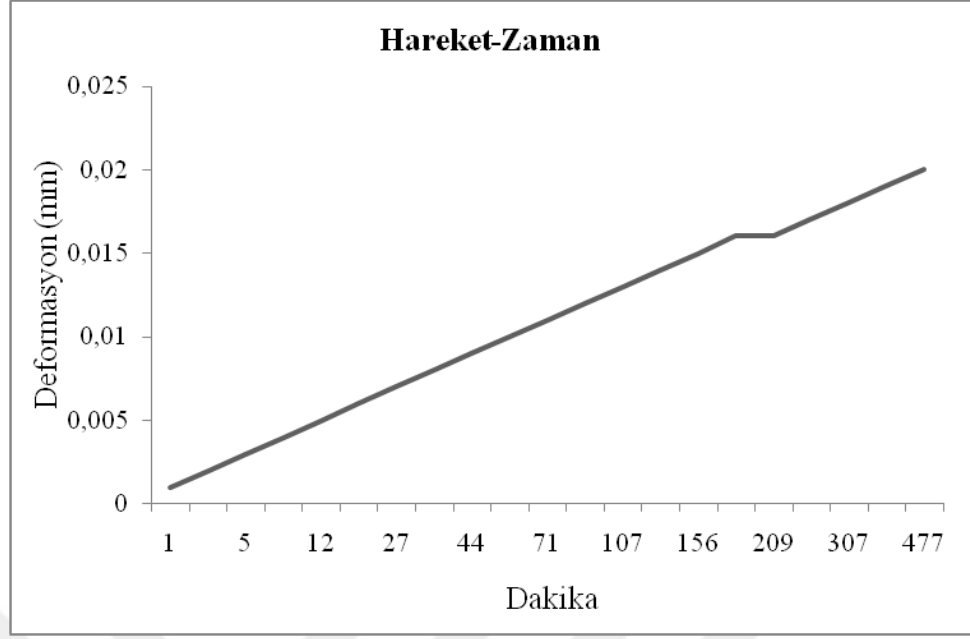
Şekil 36. 1 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 36a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi diğer birleştirme yerlerinde olduğu gibi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. Buna göre ilk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir sünme grafiği elde edilmiştir. Bu birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 36b'de gösterilmiş olup hareket önce hızlanan sonra azalarak artan (sabitleşmeye doğru giden) olmak üzere iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 62 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu

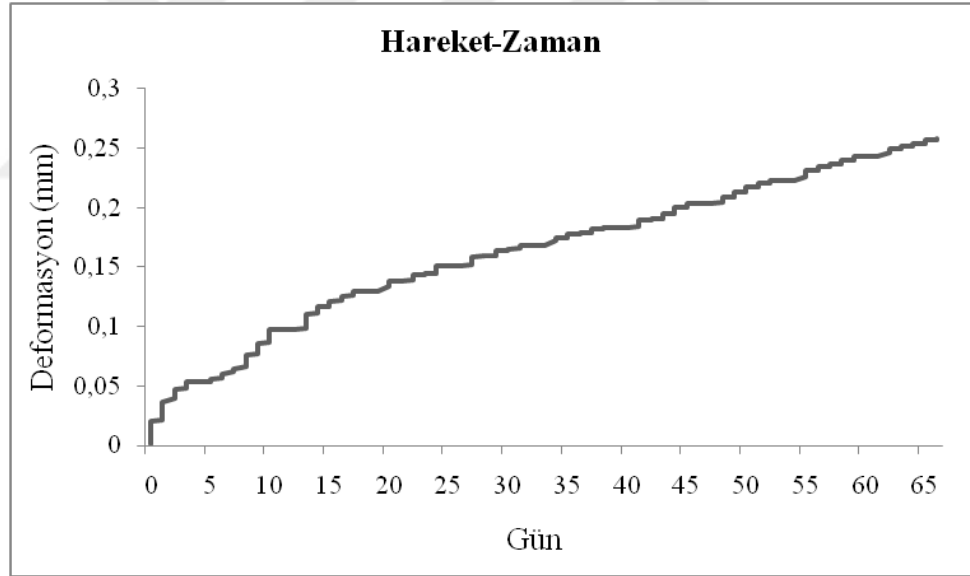
zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 2 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 25 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon- zaman grafiği Şekil 37'de gösterilmiştir.





(a)



(b)

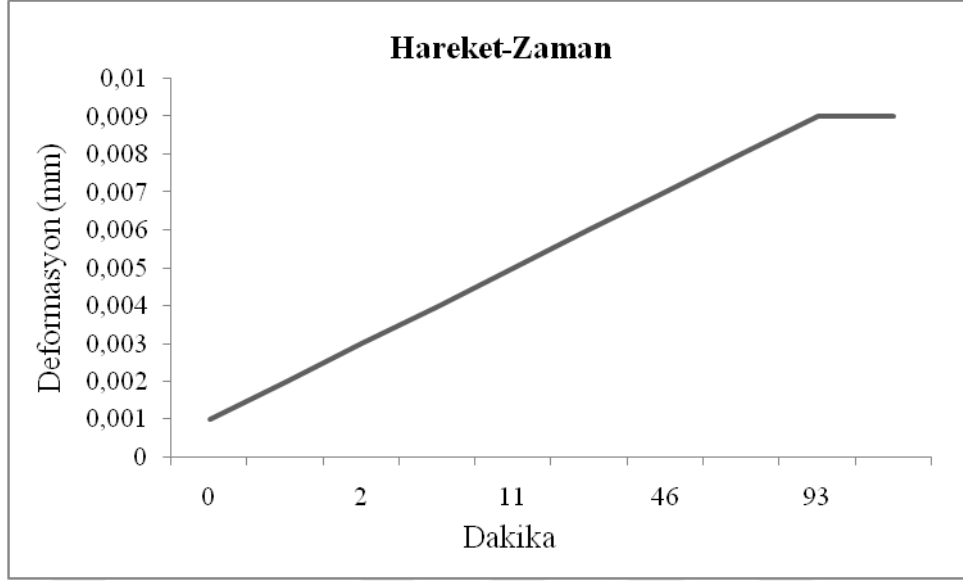
Şekil 37. 2 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 37a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir ve diğer günlerde daha az aktivite gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu doğrusal bir yükleme grafiği elde edilmiştir. Tüm sünme hareketine ait grafik olan Şekil 37b'de önce hızlanan sonra yavaşlayarak artan olmak üzere toplamda

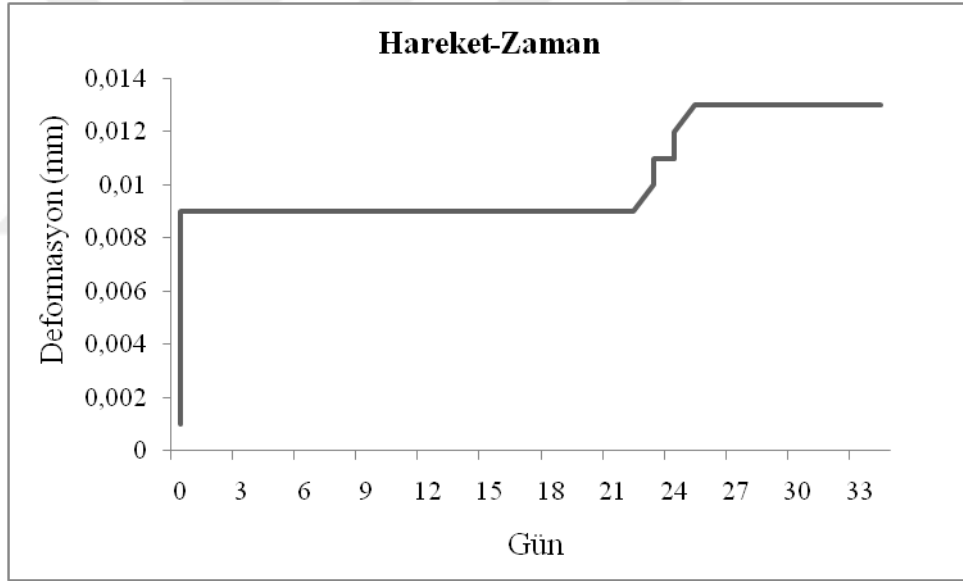
iki aşamalı bir hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 66 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir.

Sarıçam ağaç türünden üretilmiş 3 nolu birleştirme yerinin statik direncinin % 30'u oranında uygulanan 25 kg'lık yük altındaki sünme hareketine ait deformasyon-zaman grafiği Şekil 38'de gösterilmiştir.





(a)



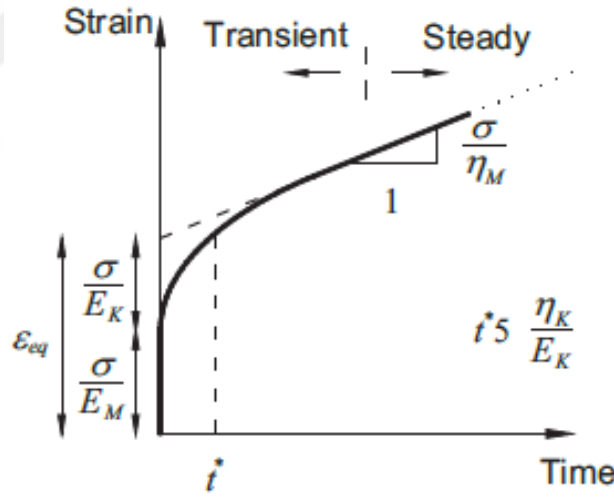
(b)

Şekil 38. 3 nolu sarıçam birleştirme yerine ait sünme testi sonucu a) 1 günlük deformasyon-zaman grafiği, b) tüm test gün sayısı süresince oluşan deformasyon-zaman grafiği

Şekil 38a'dan gözlemleneceği üzere en fazla sayıda sünme aktivitesi ilk gün eğrisinde gözlemlenmiştir. İlk günde sünme hareketi sonucu neredeyse doğrusal bir yükleme grafiği elde edilmiştir. Bu birleştirme yerine ait tüm sünme hareketi Şekil 38b'de gösterilmiş olup hareket önce artan bir ilk aşama, ardından sabitleşen, sonra azalarak artan olmak üzere kararsız bir ikinci aşama ve en son olarak da sabitleşen bir üçüncü aşama

olmak üzere toplamda üç aşamalı bir sünme hareket gözlemlenmiştir. Sünme hareketinin tamamı 34 gün sürmüştür ve test birleştirme yerinin ayrılma modu zımbanın ağaç malzemesinden biraz çıkması sonucu gerçekleşmiştir. Şekil 15 sünme testi sonucu birleştirme yerine ait ayrılma modunu göstermektedir. Genel itibariyle sarıçamdan üretilmiş birleştirme yerlerinin yaklaşık yarıya yakını 3 aşamalı geriye kalanları iki aşamalı bir sünme eğrisi göstermiştir.

Çalışma sonucunda odun birleştirme yerleri üzerinde yapılan sünme deneyleri sonucu elde edilen deformasyon-zaman grafiklerine bakıldığında en az iki ve genel olarak üç aşamalı bir hareket eğrisine rastlanmaktadır. Costa ve Barros'un (2015) epoksi adhesif koruyucu malzemeler üzerine yaptıkları sünme çalışması sonucu elde ettikleri stress-strain grafiği şekil 39'daki gibidir. Ağaç malzeme birleştirme yerleri üzerine yapılan bu sünme çalışması sonucu elde edilen hareket-zaman grafiklerindeki genel eğilim Şekil 39'da gösterilen grafikte benzer eğilime sahiptir.



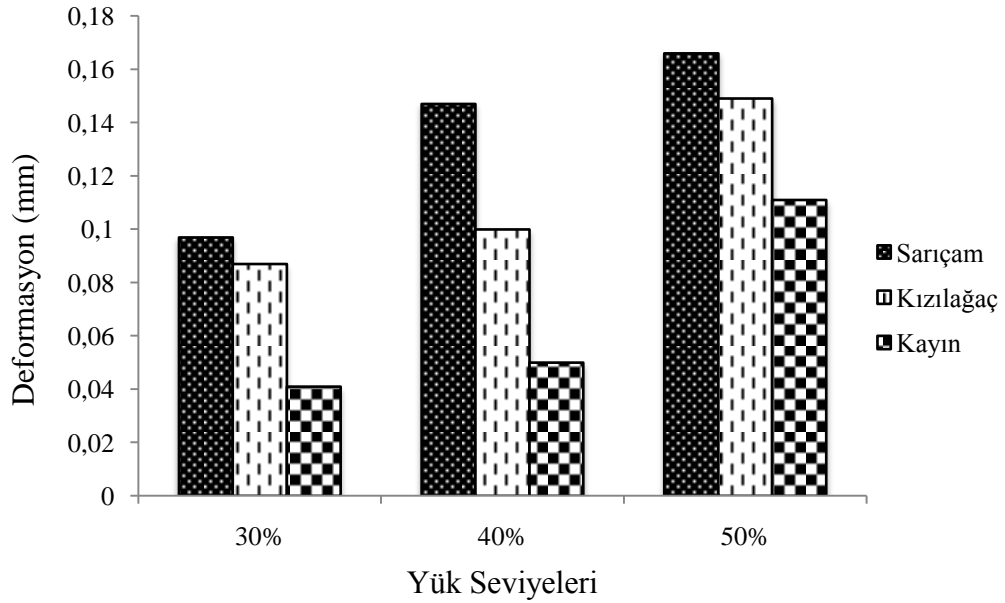
Şekil 39. Stress-strain grafiği (Costa ve Barros, 2015).

Tablo 8 tüm ağaç türlerinden elde edilmiş birleştirme yerlerinin her bir yükleme seviyesi karşısında gösterdiği ilk güne ait ortalama maksimum deformasyon (uzama) değerlerini göstermektedir.

Tablo 8. Birleştirme yerlerine ait ilk gün sünme deformasyonları

Yük oranı (%)	Ağaç Türü ve Gün Sayısı		
	Sarıçam İlk Gün Sünmesi	Kızılağaç İlk Gün Sünmesi	Kayın İlk Gün Sünmesi
30	0,097	0,087	0,041
40	0,147	0,100	0,05
50	0,166	0,149	0,111

Aynı zamanda Şekil 40'da % 30, % 40 ve % 50 yük seviyelerinde ağaç türleri arasındaki deformasyon ilişkisini görsel olarak sunmaktadır.



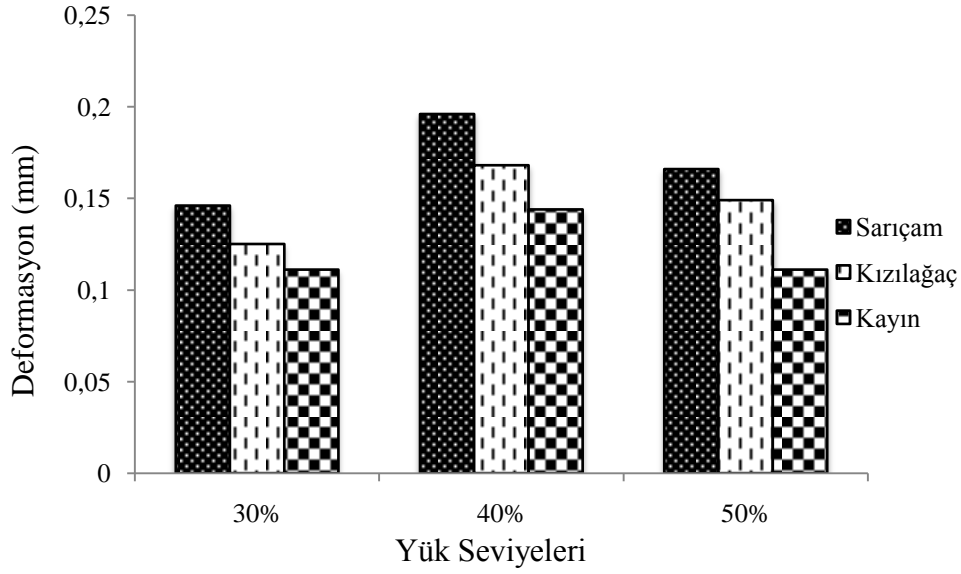
Şekil 40. 1. Gün sonu sünme verileri sonucu yük seviyeleri ile ağaç türleri arasındaki deformasyon ilişkisi

Tablo 8'e bakıldığında statik makaslama değerlerinde olduğu gibi % 30 sünme yüklemesi altında her bir test örneğinin ortalama değerleri ele alınmış olup ilk gün sonundaki en fazla sünme deformasyonu (uzamayı) sarıçam odunundan elde edilen birleştirme yerleri gösterirken bunu sırasıyla daha fazla yoğunluklu ve daha az

deformasyonlu kızılağaç ve kayından üretilen birleştirme yerleri takip etmiştir. Burada ilk gün sonunda en az ortalama sünme değerini en büyük yoğunluklu kayın birleştirme yerleri vermiştir. Benzer sünme ilişkisi diğer yük seviyeleri olan % 40 ve % 50’lerde yine en yüksek ortalama sünme deformasyonunu en düşük yoğunluklu ağaç türü olan sarıçam odunundan elde edilen birleştirme yerleri gösterirken daha az ortalama sünme deformasyonunu daha fazla yoğunluklu kızılağaç birleştirme yerleri göstermiştir. Yine % 40 ve % 50 yük seviyeleri için en az ortalama sünme değerlerini en yüksek yoğunluklu kayından üretilen birleştirme yerleri vermiştir. Buradan çıkarılacak sonuç malzeme yoğunluğu arttıkça sünme yükü altındaki deformasyon ya da uzama hareketi azalır. Keza Niemz (1993), çalışmasında ele aldığı ağaç malzemelerin yoğunluğu arttıkça sünme değerlerinde azalma olduğunu gözlemlemiştir. Nilsson ve Jhonsson (2017) odun esaslı panellerin uzun süre yük altında sünme özelliklerini incelemiş ve bu tip panellerin masif ağaç malzemelerle aynı sünme özelliği gösterdiğini çalışmalarında belirtmişlerdir. Söz konusu bilim adamları çalışmalarında ağaç malzeme yoğunluğu ile sünme deformasyonu arasında ters orantı olduğunu belirtmişlerdir. Bu bakımdan çalışma sonuçlarımızın literatür bilgileriyle örtüştüğü görülmektedir. Tablo 9’da ise her bir yük seviyesi için belirlenmiş ortak gün sayısı baz alınarak elde edilmiş ortalama sünme değerleri ele alınmıştır. Ayrıca şekilde görüldüğü gibi yük seviyesi % 30 dan % 40 ve % 50’ye arttıkça ağaç malzeme birleştirme yerleri üzerindeki sünme deformasyonu da artmaktadır. Wei Xu vd., (2015), test örneklerini 250, 600 ve 1000N’luk yük seviyeleri altında test etmiş olup çalışma sonucunda yük seviyelerinin artmasıyla sünme deformasyonun arttığını rapor etmişlerdir.

Tablo 9. Ortak gün sayısı baz alınarak her bir yük seviyesi için elde edilmiş ortalama sünme değerleri

Yük oranı (%)	Ağaç Türü ve Gün Sayısı		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
	Ortalama Gün Sünmesi		
30	0,146	0,125	0,111
40	0,196	0,168	0,144
50	0,166	0,149	0,111



Şekil 41. 30. Gün sonu sünme verileri sonucu yük seviyeleri ile ağaç türleri arasındaki deformasyon ilişkisi

Şekil 41'den görüleceği üzere Tablo 9'da olduğu gibi her bir yük seviyesinde (% 30, % 40, % 50) en düşük ortalama sünme değerini en yüksek yoğunluklu kayın birleştirme yerleri göstermişken bunu kızılalğaç birleştirme yerleri takip etmiş ve en yüksek ortalama sünme deformasyon değerlerini en düşük yoğunluklu sarıçam birleştirme yerleri göstermiştir.

Yoğunlukla sünme deformasyonu arasındaki ilişkinin istatistiksel önemi araştırılmış olup tüm örnekler üzerinde 1. gün ve 30. gün sonu verileri kullanılarak SAS istatistik programında yürütülen iki farklı istatistiksel analiz yardımıyla ağaç malzeme türünün ve yükleme seviyesinin sünme deformasyonu üzerine etkisi % 5 önem düzeyinde araştırılmıştır. İstatistiksel analizler sonucu Tablo 10 ve 11 ANOVA tabloları olup, tablolardan görüleceği üzere ağaç malzeme ile yükleme seviyesi arasındaki ilişkinin etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Tablo 10. 1. gün sonunda elde edilen sünme deformasyon verileri kullanılarak oluşturulan ANOVA değerleri

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ağaç Türü	2	0.01848156	0.00924078	5.62	0.0127
Yük Seviyesi	2	0.01852822	0.00926411	5.63	0.0126
Ağaç*Yük Seviyesi	4	0.00294956	0.00073739	0.45	0.7722

Tablo 11. 30. gün sonunda elde edilen sünme deformasyon verileri kullanılarak oluşturulan ANOVA değerleri

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ağaç Türü	2	0.00697233	0.00348617	2.79	0.1011
Yük Seviyesi	1	0.00823472	0.00823472	6.59	0.0246
Ağaç*Yük Seviyesi	2	0.00007478	0.00003739	0.03	0.9706

Buna göre ana etkenlerden özellikle ağaç malzeme türünün etkisinin yer aldığı Tablo 12’de 1. gün ve 30. gün sonu sünme deformasyon verileri kullanarak ağaç malzemeler arasındaki sünmenin önemi sırasıyla 0,040 ve 0,044 en küçük fark değerleriyle (LSD) kıyaslanmıştır.

Tablo 12. Ağaç malzemelerin sünme değerlerinin kıyaslanması

Gün Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
1. gün	0,136 (A)	0,112 (AB)	0,072 (B)
30. gün	0,171 (A)	0,145 (AB)	0,123 (B)

Parantez içindeki aynı harfler homojenlik gruplarını göstermektedir.

Tablo 12’den görüldüğü üzere 1. Gün sünme deformasyon verilerine dayanarak en fazla sünmeyi en düşük yoğunluklu sarıçamdan üretilmiş zımbalı birleştirme yerleri gösterirken bunu matematiksel olarak daha az fakat istatistiksel olarak fark göstermeyen kızılğaç tek zımbalı birleştirme yeri sünme deformasyon değerleri takip etmiştir. En düşük ortalama deformasyon değerini kayın zımbalı birleştirme yerleri gösterirken bu deformasyon sarıçam birleştirme yerlerinin ortalama deformasyon değerinden istatistiksel olarak küçükken kızılğaç birleştirme yerlerinin ortalama deformasyonundan matematiksel

olarak küçük olmasına rağmen istatistiksel olarak farklı değildir. Ancak genel itibariyle yoğunluğu düşük ağaçlardan elde edilen birleştirme yerleri sünme yükü altında daha fazla deforme olurken yoğunluğu en yüksek kayın birleştirme yerleri en düşük deformasyona uğramıştır. Benzer ilişki 30.gün sonunda elde edilen sünme deformasyonları arasında da geçerlidir.

Diğer taraftan ana etkenlerden diğeri olan yükleme seviyesi etkisinin yer aldığı Tablo 13'te 1. gün ve 30. gün sonu sünme deformasyon verileri kullanarak yükleme seviyeleri arasındaki sünmenin önemi sırasıyla 0,040 ve 0,036 en küçük fark değerleriyle (LSD) kıyaslanmıştır.

Tablo 13. Yükleme seviyelerinin sünme değerlerinin kıyaslanması

Gün Sayısı	Yükleme Seviyesi		
	30	40	50
1. gün	0,079 (A)	0,099 (A)	0,142 (B)
30. gün	0,125 (A)	0,168 (B)	-

Parantez içindeki aynı harfler homojenlik gruplarını göstermektedir.

Tablo 13'ten görüldüğü üzere 1. gün sünme deformasyon verilerine dayanarak en fazla sünmeyi % 30 yük seviyesinde yüklenmiş birleştirme yerleri gösterirken bunu matematiksel olarak daha fazla fakat istatistiksel olarak fark göstermeyen % 40 yük seviyesinde yüklenmiş birleştirme yeri sünme deformasyon değerleri takip etmiştir. En yüksek ortalama deformasyon değerini % 50 yük seviyesi altında gözlemlenirken bu deformasyon diğer yük seviyeleri altında yüklenen birleşme yerlerinin ortalama deformasyon değerinden istatistiksel olarak daha büyük çıkmıştır. 30. Gün sonu verilerine bakıldığında, % 30 yük seviyesi altında oluşan deformasyon istatistiksel olarak % 40 yük seviyesi altında oluşan deformasyondan daha küçüktür. Bu değerlendirmede % 50 yük seviyesi altında kayın birleştirme yerlerinin ortalama bir gün sonunda kopması dolayısıyla 30 günlük sünme verileri olmaması sebebiyle % 50 yük seviyesi için yapılamamıştır.

Tablo 14 her bir ağaç türünden üretilen birleştirme yerlerinin üç farklı yük seviyesinde gösterdikleri uzama değerlerinin aynı birleştirme yerlerinin statik makaslama yükü karşısındaki uzama miktarının yüzdesi olarak belirtilen değerlerini listelemiştir.

Tablo 14. Sünme uzamalarının statik makaslama uzamasının yüzdesi cinsinden değerleri

Yük oranı (%)	Örnekler	Ağaç Türü ve Gün Sayısı			Ortalama
		Sarıçam	Kızılağaç	Kayın	
30	I. Örnek	2,25	2,43	2,50	
	II. Örnek	5,10	2,82	2,10	
	III. Örnek	3,00	2,68	1,81	2,74
40	I. Örnek	4,17	3,48	2,16	
	II. Örnek	4,92	3,37	4,13	
	III. Örnek	4,47	4,27	2,40	3,71
50	I. Örnek	3,13	4,01	2,34	
	II. Örnek	4,34	4,76	4,44	
	III. Örnek	6,29	7,03	3,00	4,37
Genel Ortalama					3,61

Tablo 14'te her bir örneğe ait sünme deformasyonunun başlangıçtaki statik maksimum yük değeri sonucu oluşan deformasyonun yüzdesi cinsinden değerleri, yük seviyelerine göre ortalama değerleri ve genel ortalama değeri verilmiştir. Tablodan anlaşılacağı üzere yük seviyesi % 30 dan % 50 ye arttıkça deformasyon artmaktadır. Sünme testi sonucu oluşan genel deformasyon değeri başlangıçta elde edilen sünme deformasyonun % 3,61'idir. Dolayısıyla uzun süre yük altında, bu ağaç türlerinden üretilen bir mobilya birleştirme yeri ortalama % 3.61 oranında bir sünme deformasyonuna maruz kalır. Costa ve Barros (2015) çalışmalarında test örnekleri üzerinde gözlemledikleri sünme deformasyonu örneklerin başlangıçtaki statik makaslama testi deformasyonuna kıyasla % 3 olarak bulmuşlardır. Bu yönden de çalışma literatür sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sarıçam, kızılağaç ve kayın gibi mobilya endüstrisinde oldukça yaygın kullanılan ağaç türleri kullanılarak oluşturulan tek zımbalı mobilya birleştirme yerlerinin sabit yük altında sünme özellikleri incelenmiştir. Sünme testi için uygulanacak yük seviyelerini belirlemek için her bir ağaç türünden hazırlanan 30' ar adet ve toplamda 90 adet birleştirme yeri örneği MTS universal test cihazında statik makaslama testine tutulmuş ve sonuçlar Newton cinsinden kaydedilmiştir. Sünme testi birleştirme yerlerine kg cinsinden ağırlıklar hazırlanarak gerçekleştirildiğinden statik test sonucu elde edilen N değerleri kg'a çevrilmiştir. Her bir ağaç türü için statik test sonucu elde edilen 30'ar adet değerlerin ortalaması alınmış ve kg'a çevrilmiştir. Sünme testi için yük seviyesi belirlemeye $0,54 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluk değeriyle en yüksek yoğunluğa sahip olan kayın ağacından üretilmiş birleştirme yerleriyle başlanmıştır. Kayından üretilmiş birleştirme yerlerinin ortalama statik direnç değeri 1233 N olarak bulunmuş ve bu da yaklaşık olarak 125 kg olarak belirlenmiştir. Sünme testine ilk olarak bu değerlerin % 90'ı olan 112,5 kg'lık yük uygulanmış ve birleştirme yeri anında kopmuştur. Benzer şekilde bu değerlerin % 80'i, % 70'i, % 60'ı uygulanmış ve yine birleştirme yeri kısa sürede kopmuştur. Daha sonra statik yükün % 50'si uygulanmış ve birleştirme yerleri 1 gün dayanabilmiştir. Dolayısıyla bu çalışma için en yüksek yük seviyesi olarak statik yükün % 50'si olarak belirlenmiştir. Diğer yük seviyeleri de statik yükün % 40'ı ve % 30'u olarak tespit edilmiş ve diğer ağaç türleri içinde bu yük seviyeleri uygulanmıştır. Sonuç olarak % 40 ve % 30 yük seviyelerinde birleştirme yerlerinde kopma olmamıştır. % 50 yük seviyesinde sarıçamdan üretilen birleştirme yerlerinde sadece birinde 3 günde kopma olmuş diğerleri günlerce dayanmıştır. Aynı yük seviyesinde kızılağaç birleştirme yerlerinde de kopma beklenirken hiçbir kızılağaç örneği % 50 yük seviyesinde kopma yaşamamıştır. Dolayısıyla kopma seviyesini belirlemek için sadece kızılağaç birleştirme yerlerine statik yükün % 60'ı uygulanmış ve bir günde birleştirme yerinde ayrılma meydana gelmiştir ve kopma seviyesi olarak tespit edilmiştir. Genel itibariyle bu ağaç türlerinin sünme yük seviyeleri % 30, % 40 ve % 50 olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır.

Sünme yükü altında farklı ağaç türlerinden elde edilmiş birleştirme yerleri farklı aşama sayısında sünme deformasyon grafikleri göstermiştir. Farklı aşama sayılarının olduğu sünme deformasyon grafikleri şu şekildedir: önce hızlanan sonra azalarak artan iki

aşamalı sünme deformasyonu, önce hızlanan sonra azalarak artan ve kopan ve ya sabitleşen sünme hareketinin olduğu üç aşamalı sünme deformasyonu, önce hızlanan sonra yavaşlayan sonra tekrar hızlana ve giderek sabitleşen dört aşamalı sünme deformasyonu. Sadece kayın ağacından elde edilmiş bir birleştirme yeri 4 aşamalı bir sünme deformasyon grafiği göstermişken iki tane kayın birleştirme yeri 2 aşamalı bir grafik göstermiştir. Kayın birleştirme yerlerinin çoğu üç aşamalı sünme deformasyon grafiği göstermiştir. Diğer taraftan % 30, % 40, % 50 yükleme seviyelerinde kızılâğaç birleştirme yerlerinin hepsi iki aşamalı sünme deformasyon grafiği göstermiştir. Ancak kızılâğaç birleştirme yerleri için kopmanın gerçekleştiği % 60 yük seviyesinde 3 aşamalı bir sünme hareketi gözlemlenmiştir. Sarıçam birleştirme yerlerinde ise dört örnek iki aşamalı beş örnek ise 3 aşamalı sünme deformasyon grafiği göstermiştir. Genel itibariyle ağaç malzeme birleştirme yerleri üzerine en fazla iki aşamalı sünme hareketi gözlemlenmiştir.

Ağaç malzeme birleştirme yerleri üzerine uygulanan sünme yüklemesinin ilk gün sonunda ve ortak gün sayıları sonunda elde edilen sünme deformasyonları incelenmiş olup en fazla sünme deformasyonunu (uzamayı) en az yoğunluklu sarıçamdan üretilmiş birleştirme yerleri göstermiştir. Bunu orta yoğunluklu kızılâğaç birleştirme yerleri takip etmiş takip etmiş ve en az sünme deformasyonunu en fazla yoğunluklu kayın ağacından üretilen birleştirme yerleri göstermiştir. Bu sonuçlar istatistiksel bir analizle desteklenmiş olup en düşük yoğunluklu sarıçam birleştirme yerlerine ait sünme deformasyonu istatistiksel olarak en büyük yoğunluklu kayın birleştirme yerlerinin deformasyonundan büyük çıkmıştır. Diğer taraftan düşük yoğunluklu sarıçam birleştirme yerlerine ait sünme deformasyonu ile orta yoğunluklu kızılçam birleştirme yerleri arasında istatistiksel bir fark yoktur ancak sarıçam birleştirme yerleri kızılâğaç birleştirme yerlerinden matematiksel değer olarak büyüktür. Sonuç olarak ağaç malzeme yoğunluğu arttıkça sünme deformasyonun azaldığı görülmüştür ve bu konuda denilebilir ki yoğunluk ile sünme deformasyonu ters orantılıdır. Bunlara ek olarak ağaç malzeme tek zımbalı birleştirme yerlerine uygulanan yük seviyesi % 30 dan % 40 ve % 50'ye çıkarıldığında birleştirme yerleri üzerindeki sünme deformasyonunun da arttığı gözlemlenmiştir.

Sünme testi sonucu sarıçam, kızılâğaç ve kayın birleştirme yerlerinde oluşan deformasyon, sünme testi öncesi gerçekleştirilen statik makaslama direnci sonucu birleştirme yerlerinde oluşan deformasyonun sırasıyla ortalama % 2,74, % 3,71 ve % 4,37'si olarak belirlenmiştir. Ayrıca üç ağaç türünün ortalaması olarak bu değer bir ağaç malzeme birleştirme yeri için % 3.61 olarak elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle sarıçam

kızılağaç ve kayından üretilen tek zımbalı bir ağaç malzeme birleştirme yerinin % 30, % 40 ve % 50 yük seviyeleri altındaki ortalama sünme deformasyon değeri bu çalışma sonucu % 3,61 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen tecrübeler ileriki çalışmalar için bazı öneriler açığa çıkarmıştır. Bunların en başlıcası bilgisayar destekli bir monitör sistemi kurarak her hareketin anbean takip ve kaydedilmesidir ve böylelikle daha doğru sünme deformasyonu okumaları yapılabilir. Bir diğer öneri ise bu birleştirme yerlerinin değişken sıcaklıkta sünme deformasyon ölçümünün sağlanmasıdır. Böylelikle sünme deformasyonu için daha olumlu sonuçlar elde edilebilir. Son öneri olarak da mevcut konuda mobilya birleştirme yeri üzerine çok sınırlı sayıda çalışmalar vardır ve bu çalışmalar artırılabilir.



5. KAYNAKLAR

- Akyüz, M., 1999. Kızılağacın Odun Özellikleri ve Kullanım Alanları, Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü ve KTÜ Orman Fakültesi, Doğu Karadeniz Bölgesinde Orman Mülkiyet Sorunları, Bildiri Metinleri, 467-471.
- Altay, B. ve Gürpınar K., 2008. Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler ve Bazı Rekabet Gücü Endeksleri: Türk Mobilya Sektörü Üzerine Bir Uygulama, Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 257-274.
- Barrett, JD., 1982. Effects of Loading Time on Design, in R. W. Meyer and R. M. Kellog, eds. Structural Uses of Wood in Adverse Environments, Society of Wood Science and Technology, Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA.
- Bodig, J., 1982. Moisture Effects on Structural Use of Wood, in R. W. Meyer and R. M. Kellog, eds. Structural Uses of Wood in Adverse Environments, Society of Wood Science and Technology. Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA.
- Bozlar, T., Gerçek, V., Yılmaz, S. ve Usta, A., 2014. Kızılağaç Plantasyonlarında Odunun Anatomik Özellikleri Üzerine Yetiştirme Ortamının Etkileri, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim 2014, Bildiriler Kitabı, 729-737.
- Brock, G. 1968. The Behavior of Nailed Joints Under Wood and Short Duration Loading, Proceedings CIB TRADA International Symposium on Joints in Timber Structures. Hughenden Valley, TRADA, London.
- Clouser, WS., 1959. Creep of Small Wood Beams Under Constant Bending Load, Report No. 2150. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Coleman, BD. ve Noll, W., 1961. Foundations of Linear Viscoelasticity, Reviews of Modern Physics, 33, 2, 239-249.
- Costa, I. ve Banos, J., 2015. Tensile Creep of a Structural Epoxy Adhesive: Experimental and Analytical Characterization, International Journal of Adhesion and Adhesives, 59, 115-124.
- Demirel, S. ve Zhang, J., 2014. Face Lateral Resistance of Oriented Strandboard Joints Connected with Two Rows of 16-Gauge Coated Staples, Wood and Fiber Science, 46, 2, 280-290.
- Demirel, S., Zhang, J., Jones, D., Kitchens, S., William, V.M. ve Yu, H., 2012. Face Lateral Shear Resistance of One-Row Multistaple Joints in oriented Strandboard, Forest Product Journal, 63, 5-6, 207-212.
- Demirel, S., Zhang, J., Yu, X. Ve Tor, Ö., 2018. Lateral Loads of Stapled-Glued Surface-to-Surface Joints in Oriented Strandboard for Furniture, Wood and Fiber Science, 50, 3, 280-290.

- Demirel, S., 2013. Mobilya Test Tekniklerinin Ülkemizdeki Durumu ve Uygulanmasının Önemi (Ulusal Mobilya Kongresi Bildirisi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Dinwoodie, JM., 2004. Timber: Its Nature and Behaviour, 2nd edition, 118-143, Taylor and Francis, England.
- Du. Y., Yan, N. ve Kortschot, MT., 2013. An Experimental Study of Creep Behavior of Lightweight Natural Fiber-Reinforced Polymer Composite/Honeycomb Core Sandwich Panels, Composite Structure, 106, 160-166.
- Efe, H. ve Çağatay, K., 2011. Çeşitli Masif Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Politeknik Dergisi, 14, 1, 55-61.
- Feldborg, T., ve Johansen, M.,1987. Slip in Joints Under Long-Term Loading, CIB TRADA International Council for Building Research Studies and Documentation, Timber Structures W 18A, September 1987, Dublin, Ireland.
- Ferry, JD., 1980. Viscoelastic properties of polymers, Wiley, New York, USA.
- GSA FNAE-80-214A, 1998. Upholstered furniture testmethod. General Services Administration. Furniture Commodity Center, Federal Supply Service, Washington, DC.
- Güntekin, E., 2003. Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 37-48.
- Hanhijarvi, A., 2000. Advances in the Knowledge of the Influence of Moisture Changes on the Long-Term Mechanical Performance of Timber Structures, Materials and Structures, 33, 43-49.
- Haygreen, J., Hall, H., Yang, K.N. ve Sawicki, R., 1975. Studies of Flexural Creep Behavior in Particleboard Under Changing Humidity Conditions, Wood Fiber Science, 7, 2, 74-90.
- Hayman, B., 1981. Creep buckling-A General View of the Phenomena, in Ponter, A.R.S.,and Hayhurs D.R., eds. Proceedings of the Third IUTAM Symposium on Creep in Structures, Springer-Verlag, Berlin.
- Holzer, SM., Loferski, JR. veDillard DA., 1988. A Review of Creep in Wood: Concepts Relevant to Develop Long-term Behavior Predictions for Wood Structures, Wood and Fiber Science, 21, 4, 376-392.
- Johansson J. ve Nilsson J., 2018. Bending and Creep Deformation of a Wood-Based Lightweight Panel: an Experimental Study, Wood and Fiber Science, 51, 1, 1-10.
- Kasal A., Eckelman C.A., Haviarova E., Erdil Y.Z. ve Yalçın İ., 2015. Bending Moment Capacities of L- Shaped Mortise and Tenon Joints Under Compression and Tension Loadings, Bioresources, 10, 4, 7009-7020.

- Kuipers, J., 1977. Long Duration Tests on Timber Joints. CIB-WI8, February 1977, Stockholm.
- Kurtoğlu, A., 1984. Mobilya Yapımında Kullanılan Ağaç Malzemeler, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 89.
- Leichti, R.J. ve Tang, R.C., 1989. Effect of Creep on The Reliability of Sawn Lumber and Wood-Composite I-Beams, Mathematical and Computer Modelling, 12, 2, 153-161.
- Mack, J.J., 1962. Creep in Nailed Joints. Nature, 193, 4822, 1313.
- Mack, J.J., 1965. A Study of Creep in Nailed Joints, Forestry and Forest Products Divisions, 27.
- Navi, P. ve Sandberg, D., 2012. Thermo-Hydro-Mechanical Processing of Wood. EPFL – Rolex Learning Center, Lausanne, Switzerland.
- Navi, P. ve Stanzl-Tschegg, S., 2009. Micromechanics of Creep and Relaxation of Wood. A Review Cost Action E35 2004-2008 Wood Machining-Micromechanics and Fracture., Holzforschung, 63, 2, 186-195.
- Niemz, P., 1993. Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe (Physics of wood and wood composites), DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Noren, B., 1968. Nailed Joints-Their Strength and Rigidity Under Short-Term and Long-Term Loading. Report 22, Swedish Forest Products Research Laboratory, Stockholm.
- Nziengui, C., Pitti, R., Fournely, A., Gril, J., Godi, G. ve Ikogou, S., 2018. Notched-Beam Creep of Douglas Fir and White Fir in Outdoor Conditions: Experimental Study. Construction and Building Materials, 196, 659–671.
- Oflazoğlu, C., 2006. Mobilyada Mühendislik Tasarımına Yönelik Bilgisayar Yazılımlarının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Örs, Y. ve Efe, H., 1998. Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 21–27.
- Pierce, C.B., Dinwoodie, J.M. ve Paxton, B.H., 1985. An İmproved Model for Prediction of Creep Deflection, Wood Science and Technology, 5, 19, 83-91.
- Polensek, A., 1982. Creep Prediction for Nailed Joints Under Constant and Increasing Loading, Wood Science and Technology, 15, 2, 183-192.
- Reichel, S. ve Kaliske, M., 2015. Hygro-Mechanically Coupled Modelling of Creep in Wooden Structures, Part I: Mechanics. International Journal of Solids and Structures, 77, 28-44.

- Roylance, D., 2001. Engineering Viscoelasticity. Department of Materials Science and Engineering-Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Sakarya, S., Doğan, Ö., 2016. Mobilya Sektör Raporu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Ankara.
- Seco, J.I., ve Barra, M.R.D., 1998. Long-term Deformation of MDF Panels Under Alternating Humidity Conditions, Wood Science and Technology, 32, 1, 43-57.
- Şafak, R., 2000. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Mekanik Özellikler, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toker, R., 1960. Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar, Orman Araştırmaları Enstitüsü Yayınları Teknik Bülteni, 10.
- TOKSARI, M., 2004. Mobilyacılık Sektöründe Karşılaşılan Pazarlama Sorunları ve Çözümüne İlişkin Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- TS 2471, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Kasım 1976.
- TS 2472, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Kasım 1976.
- Uluata A.R., 1987. Ağaç Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etki eden Faktörler Ders Notları (Teksir), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Erzurum.
- Wilkinson, T.L., 1986. Rotational creep of pallet joint specimens. Res. Note FPL-RN-0253, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Wood, L.W., 1958. Sandwich Panels for Building Construction, Report No. 2121. U.S., Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Xu, W., Wu, Z. ve Zhang, J. 2015. Compressive Creep and Recovery Behaviors of Seat Cushions in Upholstered Furniture, Wood and Fiber Science, 47, 4, 431-444.
- Yiğiter, H., 2014. Malzemelerin Mekanik Özellikleri Ders Notları (Teksir), Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir,
file:///C:/Users/UGURRR/Desktop/mca/MALZEMELERİN%20MEKANİK%20ÖZELLİKLERİ%20Yrd.Doç.Dr.%20Hüseyin%20YİĞİTER.pdf

ÖZGEÇMİŞ

27.05.1993 tarihinde Anamur’da doğdu. İlköğrenimini Samsun, orta öğrenimini Mersin ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nü kazandı ve 2015 yılında başarılı bir şekilde mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı ve Erasmus programı ile Almanya’nın Hamburg Üniversitesi’nin ‘‘Ağaç Bilimleri (WoodScience)’’ bölümünde bir dönem eğitim gördü. Şu an yüksek lisans programına devam etmekte olan Seda BAŞ Macar Hükümeti’nin desteklediği bursla Sopron Üniversitesi’nin ‘‘WoodScienceandTechnology’’ bölümünde doktora programı yapmak için kabul almıştır.