

**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

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Duygu YÜCESOY Tarafından Hazırlanan

KONTRPLAK KAPLI PERDE DUVARLARIN YAPISAL DAVRANIŞLARI ÜZERİNE BAZI
ÜRETİM VE TASARIM FAKTÖRLERİNİN ETKİSİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 01 / 2020 gün ve 1839 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Semra ÇOLAK

Üye : Prof. Dr. Tufan ÇAKIR

Üye : Doç. Dr. Cenk DEMİRKIR


.....

.....

.....

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Kontrplak Kaplı Perde Duvarların Yapısal Davranışları Üzerine Bazı Üretim ve Tasarım Faktörlerinin Etkisi” adlı bu çalışma; Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, çalışma aşamalarının planlaması ve yürütülmesinde bilgi, her türlü tavsiyelerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Cenk DEMİRKİR’a ve her türlü fikir, görüşlerini esirgemeyen Sayın Hocalarım Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU, Prof. Dr. Semra ÇOLAK ve ayrıca tez çalışmam esnasında bana her aşamada destekleri ile çalışmamı kolaylaştıran Sayın Hocalarım Arş. Gör. Dr. Aydın DEMİR’e, Arş. Gör. Abdullah Uğur BİRİNCİ’ ye, Öğr. Gör. Dr. Hasan ÖZTÜRK’e ve tez çalışmaları aşamasında bana yardımları ile destek olan arkadaşım Orman Endüstri Mühendisi Okan İLHAN’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu tez TÜBİTAK 1150454 nolu projenin sağladığı destekle tamamlanmış olup, katkılarından dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Bu günlere ulaşmamda desteklerini esirgemeyen değerli ailem; babam İlhan YÜCESOY’a, annem Durdu YÜCESOY’a ve kardeşim Cengizhan YÜCESOY’a teşekkürlerimi sunarım.

Duygu YÜCESOY
Trabzon 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kontırlak Kaplı Perde Duvarların Yapısal Davranışları Üzerine Bazı Üretim ve Tasarım Faktörlerinin Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Cenk DEMİRKİR 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.
12/02/2020

Duygu YÜCESOY

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Türkiye’de Ahşap Yapı Kültürü	2
1.2.1. Ahşap Yapıların Özellikleri.....	3
1.3. Ahşap Yapıların Deprem Performansı.....	4
1.4. Katma Değerli Yapısal Ahşap Levhalar	4
1.4.1. Paralel Şerit Kereste (PSL).....	7
1.4.2. Tabakalanmış Kaplama Kereste (LVL).....	7
1.4.3. Tabakalanmış Şerit Kereste (LSL)	8
1.4.4. Çapraz Lamine Ahşap (CLT)	9
1.4.5. Yapıştırılmış Lamine Ahşap (Glulam)	9
1.5. Kontrplak Hakkında Genel Bilgiler.....	10
1.5.1. Kontrplağın Tanımı ve Sınıflandırılması.....	10
1.5.2. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	11
1.6. Kontrplak Üretimi.....	12
1.6.1. Kontrplak Üretim Teknolojisi.....	12
1.6.2. Tomrukların Depolanması	13
1.6.3. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması.....	13
1.6.4. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması	13
1.6.5. Kaplamaların Boyutlandırılması.....	14

1.6.6.	Kaplama Levhalarının Tutkallanması.....	14
1.6.7.	Kontrplak Taslağının Hazırlanması.....	14
1.6.8.	Kontrplak Levhalarının Preslenmesi	15
1.6.9.	Levhaların Boyutlandırılması	16
1.6.10.	Zımparalama	16
1.6.11.	Tasnif ve İstifleme	16
1.7.	Yapısal Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar	16
1.8.	Dolgu ve Katkı Maddeleri	17
1.8.1.	Sertleştiriciler.....	18
1.9.	Kontrplağın Yapısal Kullanım Alanları	18
1.9.1.	Perde Duvar	19
1.9.2.	Perde Duvarlarda Bağlantı Elemanlarının Önemi	22
1.9.3.	Ahşap Yapılarda Yalıtım Özellikleri.....	23
1.9.4.	Ağaç Malzemede Isıl İletkenlik ve Isıl İletkenlik Katsayısı.....	23
1.9.5.	Ahşap Yapılarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri.....	25
1.9.5.1.	Polistren Esaslı Strafor	26
1.9.5.2.	EPS (Genleştirilmiş Polistren).....	26
1.9.5.3.	XPS (Ekstrüde Polistren).....	27
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	28
2.1.	Materyal.....	28
2.1.1.	Ağaç Malzeme	28
2.1.1.1.	Karaçam (<i>Pinus nigra</i>) Odun Özellikleri	28
2.1.1.2.	Doğu Ladini (<i>Picea Orientalis L.</i>) Odun Özellikleri.....	29
2.1.2.	Tutkal.....	29
2.1.2.1.	Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı.....	29
2.1.3.	Yalıtım Malzemeleri.....	30
2.2.	Kontrplak Levhalarının Üretimi	30
2.2.1.	Kaplama Soyma ve Kurutma İşlemi.....	30
2.2.2.	Kaplama Levhalarının Tutkallanması.....	31
2.2.3.	Kontrplak Levhalarının Preslenmesi	31
2.3.	Perde Duvarların Üretilmesi ve Modellerin Oluşturulması.....	32
2.4.	Yöntem	35
2.4.1.	Kontrplakların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	35

2.4.1.1.	Yoğunluk	35
2.4.2.	Yapışma Direnci (Çekme-Makaslama Direnci)	36
2.4.3.	Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	37
2.5.	Kontrplaklar ile Yalıtım Malzemelerinin Isıl İletkenlik Katsayısı	39
2.6.	Ahşap Çerçeve Perde Duvar Analizi Testi	40
2.7.	İstatistiksel Analiz	41
3.	BULGULAR.....	42
3.1.	Kontrplakların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Ait Bulgular.....	42
3.2.	Kontrplak-Yalıtım Malzemelerinin Isıl İletkenlik Katsayılarına Ait Bulgular	42
3.3.	Perde Duvarlar Üzerinde Gerçekleştirilen Deneylere Ait Bulgular	43
4.	TARTIŞMA.....	50
4.1.	Perde Duvarların Kaplanması Kullanılan Kontrplakların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	50
4.1.1.	Yoğunluk	50
4.1.2.	Yapışma Direnci (Çekme-Makaslama Direnci)	51
4.1.3.	Eğilme Direnci.....	52
4.1.4.	Elastikiyet Modülü.....	53
4.2.	Kontrplak-Yalıtım Malzemelerinin Isıl İletkenlik Katsayıları	54
4.3.	Perde Duvarlar Üzerinde Gerçekleştirilen Deneyler	56
4.4.	Perde Duvarların Yük Altındaki Deformasyonları.....	60
5.	SONUÇLAR.....	67
5.1.	Kontrplaklara Ait Fiziksel ve Mekanik Özellikler	67
5.2.	Kontrplak-Yalıtım Malzemesi İçin Isıl İletkenlik Katsayıları.....	67
5.3.	Perde Duvar Üzerinde Gerçekleştirilen Deney Sonuçları	67
6.	ÖNERİLER.....	69
7.	KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KONTRPLAK KAPLI PERDE DUVARLARIN YAPISAL DAVRANIŞLARI ÜZERİNE
BAZI ÜRETİM VE TASARIM FAKTÖRLERİNİN ETKİSİ

Duygu YÜCESOY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Cenk DEMİRKİR
2020, 77 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, ahşap karkas yapılarda kullanılan kontrplakların üretim aşamasında ve perde duvarlarda kaplayıcı malzeme olarak kullanımını aşamasındaki tasarım faktörlerinin perde duvarın yapısal davranışı üzerine etkisinin belirlenmesidir. Çalışmada iki farklı ağaç türü, kontrplak lif yönüne göre paralel ve dik olmak üzere iki farklı lif yönü perde duvar üzerinde kontrplağın iki yönlü ve tek yönlü tasarımı, iki farklı yalıtkan türü, iki farklı bağlantı elemanı çeşidi ve tutkal türü olarak fenol formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Üretilen kontrplak levhaları üzerine, çekme-makaslama direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, özgül ağırlık ve ısı iletkenlik testleri sırasıyla; TS EN 314-1, TS EN 310, TS EN 717-3, TS EN 323, ASTM C 518 standartlarına göre uygulanmıştır. Birebir boyutlarda üretilen perde duvarların yapısal davranışı, ASTM E 72 standardına göre belirlenmiştir ve her bir gruba ait maksimum yük taşıma kapasitesi ve maksimum yer değiştirme miktarları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Perde Duvar, Yapısal Davranış, Perde Duvar Tasarımı

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF SOME PRODUCTION AND DESIGN FACTORS ON THE
STRUCTURAL BEHAVIOR OF PLYWOOD SHEATHED SHEAR WALLS

Duygu YÜCESOY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cenk DEMİRKİR
2020, 77 Pages

The aim of this study is to determine the effect of design factors on the structural behavior of shear wall in the production stage of plywood used in wooden carcass structures and in the stage of using it as a covering material in shear walls. In the study, two different wood types, two different fiber directions, parallel and perpendicular to the plywood fiber direction, two-way and one-way design of the plywood on the shear wall, two different types of insulator, two different types of nail and phenol formaldehyde glue were used as the adhesive type. Shear strength, bending strength, modulus of elasticity in bending, specific gravity and thermal conductivity tests on the plywood boards produced are; It has been applied according to TS EN 314-1, TS EN 310, TS EN 717-3, TS EN 323, ASTM C 518 standards. The structural behavior of shear walls produced in exact dimensions was determined according to ASTM E 72 standard and maximum load carrying capacity and maximum displacement amounts belonging to each group were obtained.

Key Words: Shear Wall, Structural Behavior, Design of Shear Wall

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Paralel şerit kereste örnekleri.....	7
Şekil 2. Tabakalanmış kaplama kereste örnekleri.....	8
Şekil 3. Tabakalanmış şerit kereste örnekleri	8
Şekil 4. Çapraz lamine ahşap örneği.....	9
Şekil 5. Yapıştırılmış lamine ahşap uygulama örnekleri	10
Şekil 6. Kontrplaklarda tabakaların yerleşimi (a:3 tabakalı kontrplak, b:Orta tabakaları paralel yapıştırılmış 4 tabakalı kontrplak, c:5 tabakalı kontrplak)	10
Şekil 7. Kontrplak üretim safhaları.....	12
Şekil 8. Tipik bir perde duvar	20
Şekil 9. Perde duvarın konumlandırılması.....	20
Şekil 10. Perde duvarın iki önemli işlevi.....	21
Şekil 11. Perde duvar üzerinde bağlantı elemanlarının gösterimi	22
Şekil 12. Çerçeve boyutlarının gösterimi ve kontrplak konumu	33
Şekil 13. Bir perde duvar çerçeve sisteminin zemine montajı.....	34
Şekil 14. Lif yönüne göre tasarımı yapılan perde duvarların gösterimi	34
Şekil 15. Perde duvarların yalıtım malzemeleriyle kaplanması.....	35
Şekil 16. Yedi tabakalı kontrplak levha çekme-makaslama direnci test örneği	36
Şekil 17. Eğilme direnci test düzeneği.....	38
Şekil 18. Lasercomp Fox-314 ısı iletkenlik cihazı	39
Şekil 19. Oluşturulan ölçüm gruplarının ısı iletkenlik cihazına yerleştirilmesi	40
Şekil 20. Test düzeneğinin şematik gösterimi	41
Şekil 21. Duvarlara ait tipik yük-deformasyon eğrisi.....	47
Şekil 22. Kontrplak levhalara ait yoğunluk değerleri	50
Şekil 23. Kontrplak levhalara ait yapışma direnci değerleri.....	51
Şekil 24. Kontrplak levhalara ait eğilme direnci değerleri	52
Şekil 25. Kontrplak levhalara ait elastikiyet modülü değerleri.....	53
Şekil 26. Kombinasyon gruplarına göre ısı iletkenlik katsayıları.....	54
Şekil 27. Duvarlara ait yük-deformasyon eğrileri.....	57

Şekil 28.	1. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	61
Şekil 29.	2. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	61
Şekil 30.	3. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	61
Şekil 31.	4. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	62
Şekil 32.	8. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	62
Şekil 33.	9. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	62
Şekil 34.	12. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	63
Şekil 35.	15. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	63
Şekil 36.	5. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	64
Şekil 37.	6. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	64
Şekil 38.	7. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	65
Şekil 39.	10. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	65
Şekil 40.	11. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	65
Şekil 41.	13. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	66
Şekil 42.	14. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	66
Şekil 43.	16. Duvarda oluşan hasar görünümleri.....	66

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Yapısal levha ürünlerinin uygulama ve kullanım yerleri	6
Tablo 2. Kontrplakların sınıflandırılması	11
Tablo 3. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları.....	17
Tablo 4. Yapı ve izolasyon malzemeleri ile bazı ağaç cinslerine ait termo fiziksel özellikleri	24
Tablo 5. Yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayı değerleri	25
Tablo 6. Çalışmada kullanılan EPS ve XPS levhalara ait teknik bilgiler	30
Tablo 7. Yapılan çalışmanın amaçlarına uygun olarak oluşturulan grupların tanıtımı	32
Tablo 8. Üretilen kontrplakların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait ortalama değerler	42
Tablo 9. Oluşturulan ısı iletkenlik katsayı gruplarının ortalama değerleri	43
Tablo 10. Oluşturulan grupların ısı iletkenlik değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları($p \leq 0,05$)	43
Tablo 11. 1. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	44
Tablo 12. 2. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	44
Tablo 13. 3. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	44
Tablo 14. 4. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	44
Tablo 15. 5. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	45
Tablo 16. 6. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	45
Tablo 17. 7. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	45
Tablo 18. 8. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	45
Tablo 19. 9. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	45
Tablo 20. 10. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	46
Tablo 21. 11. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	46
Tablo 22. 12. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	46
Tablo 23. 13. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	46
Tablo 24. 14. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	46
Tablo 25. 15. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar	47

Tablo 26.	16. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar.....	47
Tablo 27.	Perde duvarların taşıyabildikleri maksimum yük üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)	48
Tablo 28.	Perde duvarların ulaşabildikleri son yerdeğiştirme miktarı üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları ($p \leq 0,05$)	49
Tablo 29.	Duvarlara ait analiz sonuçları özeti	58



SEMBOLLER DİZİNİ

APA	Amerika Kontrplak Birliği (American Plywood Association)
ASTM	Amerikan Standartları (American Society of Testing Materials)
CLT	Çapraz Lamine Ahşap (Cross Laminated Timber),
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EN	Avrupa Standartları (European Norm)
EPS	Genleştirilmiş Polistren (Expanded Polystyren Foam)
EWPA	Ahşap Mühendislik Ürünleri (Engineering Wood Product)
FF	Fenol Formaldehit
LVL	Tabakalanmış Kaplama Kereste (Laminated Veneer Lumber),
LSL	Tabakalanmış Şerit Kereste (Laminated Strand Lumber)
MÜF	Melamin Üre Formaldehit
NDS	National Design Specificaiton
NLT	Nail Laminated Timber
OSB	Yönlendirilmiş Yongalevha (Oriented Strand Board)
OSL	Oriented Strand Lumber
PSL	Paralel Şerit Kereste (Parallel Strand Lumber),
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ÜF	Üre Formaldehit
XPS	Ekstrüde Polistren (Ekstrude Polystyren Foam)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kontrplak teknik, mukavemet ve dekoratif özellikleri göz önüne alındığında ahşap kökenli levhalar içinde lider konumunu geçmişten günümüze sürdürmektedir. Kontrplak masif odun ve diğer ahşap levhalara göre; fiziksel direnç özellikleri, olumsuz hava koşullarına, asitlere, bazlara karşı iyi dayanımı ve çok yüksek yapışma direncinin olması gibi avantajları ile ön plana çıkmaktadır. Kontrplak levha yüzeyi görünümü bakımından ise diğer ahşap levhalara kıyasla doğal görünümünü korur, masif ağaç malzeme gibi çatlamaz, dolayısıyla vida tutma özelliği çok yüksektir, çarpılma ve bükülme gibi deformasyon bozukluklarına karşı dirençlidir, homojen bir yapıdadır, daralma, genişleme masif ağaç malzemedeki çok daha azdır (Çolakoğlu, 2004). Kontrplak yapılarda zemin, duvar ve çatı kaplamalarında kullanılması ile birlikte bu alanlarda yapıya avantajlar kazandırmaktadır. Bu avantajlardan en önemlisi; kontrplak kaplı duvar ve çatılara sahip yapıların, deprem ve rüzgâr yükü gibi yanal yüklere karşı daha fazla direnç sağlamasıdır (Bostancıoğlu ve Birer, 2004). Yapının dayanımı üzerine kullanılacak kontrplağın sahip olduğu fiziksel ve mekanik özelliklerin de önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir (Demir, 2019). Bu nedenle perde duvar tasarımında kaplama materyali olarak kullanılacak kontrplakların teknolojik özelliklerinin bilinmesi önem arz etmektedir.

Günümüzde iklim değişikliği ile mücadele kapsamında; çevreci, enerji etkin ve sürdürülebilir yapılara olan ilginin arttığı görülmektedir. Enerji kaynaklarını en verimli biçimde kullanabilmek amacıyla yapılarda ısı yalıtım uygulamalarının (yapının içten ve dıştan yalıtılması) önemi ön plana çıkmıştır. Bina zarfında çatı, pencere, kapı ve döşemeler ısı yalıtımının başlıca uygulama alanları olmaktadır. Tüm bu yalıtım uygulamalarına rağmen, yapılarda büyük bir yüzey alanına sahip ve ısı köprülerinin oluşturduğu duvarlar ile taşıyıcı yapı elemanları ısının en çok kayb olduğu yerlerin başında gelmektedir. Isı yalıtım uygulaması ile birlikte enerji tasarrufu sağlanması ve binanın iç ortam koşullarını istenilen seviyede tutulması mümkün olabilmektedir (Uygunoğlu vd., 2015).

Ahşap yapılarda kullanılan perde duvarlar yalıtım özellikleri açısından oldukça tercih edilmektedir. Ayrıca bu özellikleri EPS (Expanded Polystyren Foam) ve XPS (Ekstrude Polystyren Foam) gibi polistren bazlı levhalarla daha da arttırılabilmektedir. Bir perde duvarın yanal dayanımını kırılması esnasındaki direnci, eğilme direnci, rijitlik ve süneklik olmak üzere 4 esas etkilemektedir (Demirkır, 2012). Perde duvarların tasarımı bu hususlara ek olarak, perde duvar bağlantı noktaları, kaplamaların kalınlığı, perde-panel oranı, uygun bağlantı elemanları, çekme ve basınca bağlı olarak uygun giriş tasarımı ve kusurlar gibi faktörler dikkate alınarak yapılmalıdır (Demir, 2019).

Bu çalışmada, kontrplak kaplı ahşap yapı perde duvarların tasarım faktörlerinin perde duvarın yapısal performansları üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Tasarım faktörlerinden kasıt, kaplama materyali olarak kullanılan kontrplakların teknolojik özellikleri ve duvarın yalıtımını arttıracak polistren malzemelerin yalıtım özellikleridir. Bu amaca ulaşmak için, tasarlanan perde duvar modellerinin sismik dayanımları üzerine, hem kontrplak hem de yalıtım malzemelerinin etkileri ortaya konulmuştur.

1.2. Türkiye’de Ahşap Yapı Kültürü

İnsanoğlunun geçmişten günümüze barınma ihtiyacını karşılamak amacıyla kullandığı ilk yapı malzemelerinden bir tanesi ahşap malzemedir (Öztank, 2004). Ahşap malzemenin yapı elmanı olarak kullanılması, beton ve çeliğe nispeten daha eskidir. Tarihsel süreç içerisinde, yerleşik hayata geçişle başlayan Türkiye’de çeşitli kültürlerin izlerini taşıyarak günümüze kadar gelen yapı mimarisinin büyük bir kısmını ahşap evler oluşturmaktadır. Türk evi mimarisi, bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte kullanım ve işleyiş bakımından ortak özellikler sergilemektedir (Eldem, 1968). Daha önce deneyime bağlı olarak yapılan uygulamalar, mühendislik alanındaki yeniliklere paralel gelişen yapı tekniğiyle bilimsel olarak gelişmeye başlamıştır (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004).

Türkiye’nin en zengin ormanlarının Marmara, Kuzey Anadolu, Batı Anadolu ve Güney Anadolu’da bulunuyor olması, geleneksel ahşap evlerin bu bölgelerde yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır (Çobancoğlu, 2003). Ahşap iskeletli geleneksel yapı sistemlerine; platform sistem, balon iskelet sistem, dikme-kiriş sistem, modifiye çerçeveli sistem ve hacimsel sistemler örnek verilebilir. Türkiye’nin birçok bölgesinde ahşabın kullanımı ve uygulama teknikleri, yapı bütününden yapı bileşenlerine kadar çeşitlilik içermektedir. Aynı zamanda konut, köprü, cami gibi farklı fonksiyon üstlenmiş tipolojilerde

ve farklı ahşap kullanım teknikleri ile de zengin bir ahşap mimari mirastan söz etmek mümkündür. Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camii (1299), Afyonkarahisar Ulucami, Ordu İkizce ilçesi Laleli Camii (1560-1600) ahşabın kullanıldığı ve yüzlerce yılı aşan tarihiyle önemli birkaç örnek olarak gösterilebilir. İstanbul Boğaziçi'nde her iki kıyı boyunca sıralanmış yalılar ve ahşap konutların yer aldığı yerleşimler, ahşap yapıların en seçkin örneklerini oluşturmaktadır. İstanbul Büyükkada'da bulunan 20. yüzyılın başında Mimar Alexandre Vallauray tarafından otel olarak tasarlanmış ve yetimhane olarak kullanılmış olan ahşap yapı, dünyada döneminin ender örneklerden biri olarak gösterilmektedir (Yücel, 2018). Geleneksel ahşap evin yapımında bölgelerde gerekli olan malzemelerin temin edilebilme durumlarına bağlı, temel yapı malzemeleri olarak ahşap taş ve kerpiç kullanılmıştır. Kullanılan bu yapı malzemeleri yetersizlikler ve ulaşım zorluklarının da etkisiyle temin edilebilmelerine göre yapıda kullanıldıkları yöresel malzeme adı ile adlandırılmıştır. Türk ev mimarisinde yöresel malzeme ve tekniklerin kullanımı 19.yüzyıl başlarına kadar yapısal kurgu üzerinde en önemli etken olarak karşımıza çıkmaktadır (Çobancaoğlu, 2003).

Geleneksel ahşap yapının ana esaslarını oluşturan duvarların, döşemelerin, çatıların ve bunların ayrıntılarındaki bağlantıların modern bilgiler ışığında yeniden düzenlenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Ahşap yapı, yangına ve çürümeye karşı gerekli önleyici tedbirler alındığında deprem kuşağında yer alan Anadolu'da yapısal tasarıma uygun mimari avantajlar sağlayacağı bir gerçektir. Ancak, ahşap yapının tek alternatif olarak gösterilmesi günümüzde betonarme yapının tek alternatif olarak sunulması kadar yanlıştır. Kargir yığma ve betonarme karkas binalar, yapı inşası kurallarına uygun yapıldığı takdirde yapısal ihtiyaçlara cevap verebilecek sistemlerdir (Erman, 2000). Ahşabın kullanımında ülkelere göre farklılık oluşmasındaki nedenlerden iklim ve coğrafya gibi etkenlerin yanında en önemli nedenin yaşam biçimi ve gelenekler olduğunu belirtmektedir (Yücel, 2018).

1.2.1. Ahşap Yapıların Özellikleri

Ahşap malzemenin yapılarda başlıca tercih edilme sebepleri; hafifliği, farklı iklim şartlarına dayanıklılığı, yangın direnci, böcek tahribatı ve çürümeye karşı korunabilirliği, yeniden inşa edilebilir olması, proje değişikliğinin basitçe yapılabilmesi, enerji dostu ve depreme dayanıklılığı, çelik, beton, taş ve kerpiç gibi çeşitli malzemeler ile birlikte mükemmel uyum içerisinde kullanılabilir olması, ahşap malzemenin ekolojik tasarım kriterleri ile uyum içinde olması şeklinde sıralanabilir (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Ahşabın en belirgin özelliği, hafif olmasına rağmen yüksek direnç sağlamasıdır. Böylelikle, yapı malzemesi olarak değerlendirildiğinde diğer materyallere kıyasla esnek ve güçlüdür. Sahip olduğu bu avantajı ile deprem esnasında zemin hareketleri ahşap yapıda büyük bir enerji oluşturamaz (Earthquakeresistance, 2002). Ahşap karkas yapılar, diğer yapı sistemleri ile kıyaslandığında istenildiği zaman yapıda yenileme işlemlerinin yapılabilmesi, yapı üzerinde ağır iş makineleri gerektirmeden tadilat kolaylığı sağlaması gibi avantajları ile de ön plana çıkmaktadır (Önal, 2001).

1.3. Ahşap Yapıların Deprem Performansı

Marmara depreminin ardından ülkemizde betonarme yapılara alternatif olarak gösterilen hafif yapı tasarımlarının geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ahşap karkas yapı örnekleri incelendiğinde; İstanbul Pelitli' de inşa edilmiş evlerin çatısında, iç dış duvarlarında 9mm, döşemelerinde ise 18mm ladin ağacından üretilen kontrplak levhalar kullanılmıştır. Kereste dikmeleri, çatı mertekleri ve döşeme kirişleri ile birlikte kontrplak levhalar birbirlerine özel çelik bağlantı elemanları ile monte edilmiştir. Birleştirilen kontrplak levhalar ahşap yapının hafifliği sayesinde düşük olan yanal deprem kuvvetlerine karşı enerji absorbe eden bir perde duvar görevi üstlenmektedir (Önal, 2001).

Karadeniz ve Akdeniz iklimi olarak adlandırılan ılıman ve yağışlı iklim yapısının etkisi ile Türkiye ormanlık alanlarının %80'i bu bölgelerde yer almaktadır. Ayrıca, ağırlıklı olarak 1. ve 2. derece kısmen de 3. derece deprem kuşağında yer alan bu bölgeler depreme en dayanıklı malzeme olan ahşabın kullanımını yaygın hale getirmiştir (Çobancoğlu, 2003). Bu esaslar dikkate alınmalı deprem sonrası can ve mal kaybını minimuma indirebilmek adına gerekli tedbirlerin alınması ve çalışmaların yapılması gerektiği ifade edilmektedir. Yapıları depreme karşı dayanım sağlayabileceği en üst seviyeye getirmek amaçlı kontrplağın kullanılması önemlidir (Demirkır, 2012).

1.4. Katma Değerli Yapısal Ahşap Levhalar

APA (American Plywood Association) yapısal ahşap levhaların yapıların neredeyse %75'in de kullanılmasının nedeni olarak yapılara etki eden ani darbelere, fırtına ve şiddetli rüzgarların sebep olabileceği zararlara karşı yapının direnç özelliklerini önemli oranda

arttırması olarak belirtmektedir (Anonim, 2008). En popüler geleceği parlak katma değerli yapısal ahşap levhalar; yapısal ve yapısal olmayan çeşitleri ile birlikte (kontrplak, OSB (Oriented Strand Board), CLT (Cross Laminated Timber), LVL (Laminated Veneer Lumber), PSL (Parallel Strand Lumber), NLT (Nail Laminated Timber), OSL (Oriented Strand Lumber), vb.) yapı elemanları olarak tercih edilmektedir. NDS (National Design Specification) kuralları bu ahşap malzemelerin; eğilme direnci ve elastikiyet modülü, makaslama direnci, liflere dik ve paralel basınç direnci değerlerinin yapıda kullanılacak uygunlukta olduğunun belirlenmesi gerekliliğine dikkat çekmektedir (Breyer vd., 2003). Yapısal ahşap levha ürünlerinden en çok tercih edilen kontrplak, OSB, yongalevha ve liflevhaya ait uygulamalar ile birlikte kullanım alanlarına yönelik bilgiler Tablo 1’de aşağıda verilmektedir (Demirkır, 2012).



Tablo 1. Yapısal levha ürünlerinin uygulama ve kullanım yerleri

	Yumuşak Ağaç Kontrplağı	Sert Ağaç Kontrplağı	OSB	Yongalevha	MDF
Hammadde	Yumuşak ağaç kaplaması	Sert ağaç kaplaması	Şerit yonga 1-150 mm	Odon yongası 6mm> buğday sapı	Odon lifi
Tutkal Türü	FF	ÜF-MÜF	FF ya da izosiyanat	ÜF – MF – izosiyanat	ÜF – izosiyanat
Uygulama Türü	Yapısal kullanım	Yaygın olarak yapı haricinde	Yapısal kullanım	Yaygın olarak yapı haricinde	Yapı haricinde
Yüzey Düzgünlüğü	Zımparalanmış düzgün yüzey	Zımparalanmış düzgün yüzey	Zımparalanmış düzgün yüzey	Yüzeyde çok düzgün yongalar	Mükemmel yüzey
Kenar İşlenebilirliği	Kısıtlı	Kısıtlı	Çok Kısıtlı	İyi	Çok iyi
Uygulama Yerleri	Çatı, zemin, duvar kaplama, zemin altı ve korunmuş ahşap temelde	Dekoratif duvar panelleri, mobilyalarda	Çatı, zemin, duvar kaplama ve zemin altında	Mobilya, zemin altı, merdiven basamağında	Mobilya, kalıp ve her türlü ahşap uygulamaların da
Özel Uygulamalar	Endüstriyel, LVL, Beton kalıbı, Tekne kontrplağı	Çoklu uygulamalar, dekoratif zemin	Endüstriyel, Hibrit ürünler, kaplama, I giriş	Yüksek yoğunluk, Rutubet dayanımı	Yüksek yoğunluk, Rutubet dayanımı
Tipik Kalınlıklar (mm)	6 – 31,5	6-19	6-32	6–38 max 57	5 – 38 max 76
Tipik Yoğunluk (kg/m ³)	450 – 500	400 – 880	580 – 700	640 – 800	640 – 800
Geri Dönüşüm (Ürün hacmi/ Hammadde Hacmi)	0,5	0,5	0,65	0,88	0,9

Tablo 1 incelendiğinde, fenol formaldehit ya da izosiyanat tutkalları eklenerek üretimi gerçekleştirilen kontrplak ve OSB'nin, yapı sektöründe kullanılmak için uygunluk sağladığı görülmektedir (Demirkır 2012).

1.4.1. Paralel Şerit Kereste (PSL)

Paralel Şerit Kereste (PSL); 1986 yılında ticarete Parallam adında olarak girmiştir. ASTM D 5456–99a (1999) standardı tarafından, lif yönleri birbirine ve uzunluk eksenine paralel olan yapıştırılmış kaplama parçalarından enine kesiti 280mmx485mm, boyu ise 20 m'yi bulabilen ticari kereste boyutlarında üretilmiş olan bir kompozit malzeme olarak tanımlanmaktadır. Dış ortam koşullarına ve suya dayanıklı fenol formaldehit (FF) tutkalı gibi bağlayıcılar kullanılmaktadır (Çolakoğlu, 2010). Görünümün ilgi çekici ve düzgün olmasının istenildiği uygulamalarda paralel şerit keresteler tercih edilmektedir. Paralel şerit kereste, aşırı yük uygulanan kiriş ve sütunlarda, hafif çerçeve yapımı için kirişlerde, eğilme dayanımının yüksek performans göstermesi istenilen kiriş ve başlık uygulamalarında kullanılmaktadır (Birinci, 2019).



Şekil 1. Paralel şerit kereste örnekleri

1.4.2. Tabakalanmış Kaplama Kereste (LVL)

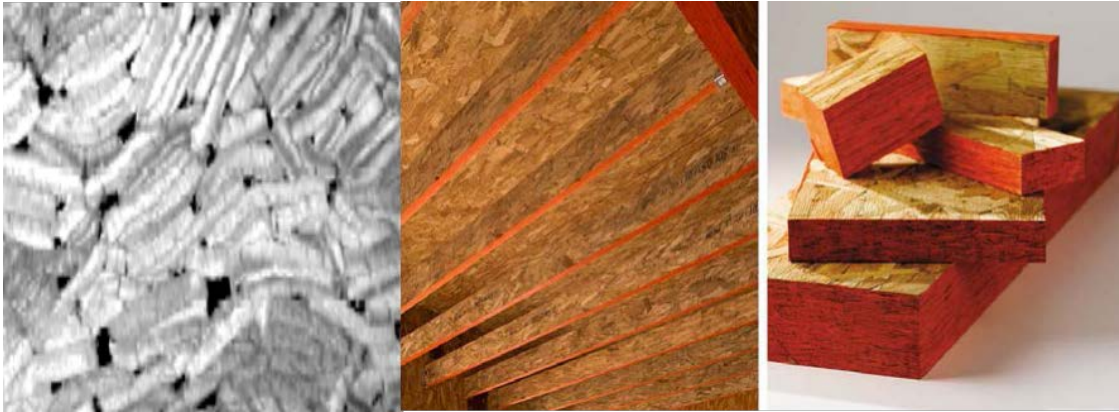
Ahşap kaplamalar, lif yönleri paralel olacak biçimde dizilerek, uygun tutkal kullanılarak tabakalanmış kaplama keresteyi meydana getirmektedir. Tabakalanmış kaplama kereste ticari olarak lamine ahşap kaplama, LVL ya da micro-lam olarak da adlandırılmaktadır. Kaplama kalınlıkları 2.5-6.4 mm arasında, kalınlıkları ise 19–45 mm arasında olup, tercihe bağlı olarak 89 mm kalınlığına kadar üretilebilir. Tabakalanmış kaplama kereste 1800 mm genişliğine kadar üretilmektedir. Türkiye’de bazı kontrplak fabrikalarında mobilya sektöründe kullanım amaçlı (bükme mobilya) az miktarda üretilmektedir (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 2. Tabakalanmış kaplama kereste örnekleri

1.4.3. Tabakalanmış Şerit Kereste (LSL)

Tabakalanmış şerit kereste, 1990'lı yıllarda TimberStrand®LSL ticari ismiyle, Kanada'da geliştirilmiş tescilli bir malzemedir. Tabakalanmış şerit kereste üretiminde hedeflenen amaç, kısıtlı olarak tercih edilen ticari ağaç türlerini kullanarak, bazı büyük boyutlu kereste ürünlerinin yerini alabilecek ürünü oluşturmaktır (Birinci, 2019). Tabakalanmış şerit kereste, ticarete bilinen en son ahşap mühendislik malzemesidir. Üretiminde kullanılan şerit kaplamaların uzunluğu 300 mm kadardır. Uzun şerit yongalar ürünün uzunluk yönüne paralel biçimde dizilirler, bu sayede tabakalanmış şerit kerestenin uzunluk yönündeki direnci yüksektir. Bu özelliği sayesinde ev ve ticari yapılarda taşıyıcı materyal olarak kullanılabilir (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 3. Tabakalanmış şerit kereste örnekleri

1.4.4. Çapraz Lamine Ahşap (CLT)

Çapraz lamine ahşap, tabakaları birbirlerine dik olacak şekilde yerleştirilerek panel formunda üretilen, çok tabakalı ahşap levhadır. CLT genellikle üç ila yedi tabakadan oluşur; tipik olarak orta tabakaya simetrik biçimde yerleştirilmiş tek sayıda tabaka yer almaktadır. Bu yönlü tasarımı ve üretim şekli ile oluşan son ürünün rijitliğinin ve stabilitesinin uygunluğunu sağlamaktadır, Ticari boyutları ülkelere göre değişmekle birlikte; 2.40-3.00 m genişlik, 12-20 m uzunluğuna kadar standart ölçülerde üretilebilmektedir (Birinci, 2019). CLT üretiminde en çok ladin tercih edilmekle birlikte, melez ve çam odunu da kullanılmaktadır. Nihai ürün rutubeti %8-14 arasında olmalıdır (Çolakoğlu, 2010).



Şekil 4. Çapraz lamine ahşap örneği

1.4.5. Yapıştırılmış Lamine Ahşap (Glulam)

Yapıştırılmış lamine ahşap TS 3842 standardı tarafından; iki veya ikiden fazla kerestenin lifleri birbirine ve uzunluk eksenine paralel biçimde, uygun tutkal kullanılarak yapıştırılmasıyla meydana gelen yapısal bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Üretiminde 25.4 mm ile 50.8 mm kalınlıklarda kereste kullanılır (TS 3842'ye göre katların her birinin kalınlığı 47 mm'yi geçemez). Ticarete Glulam ismiyle de bilinmektedir. Genel olarak dış ortamda ya da yarı kapalı alanlarda değerlendirdikleri için tutkallar bu ortamlara uygun olarak seçilmelidir (Çolakoğlu, 2010). Glulam, neredeyse karmaşık olarak düşünülen, belirtmek istenen her şekilde ve ebatta üretilebilmektedir. Genellikle yapıştırılmış lamine ahşap üretiminde çam, ladin ve göknar gibi ağaç türleri kullanılmaktadır (Birinci, 2019).



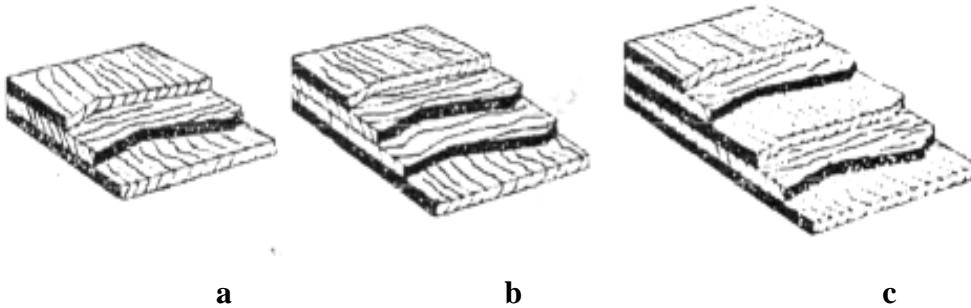
Şekil 5.Yapıştırılmış lamine ahşap uygulama örnekleri

1.5. Kontrplak Hakkında Genel Bilgiler

1.5.1. Kontrplağın Tanımı ve Sınıflandırılması

TS 2128 tarafından kontrplak; tabakaların lif doğrultuları birbirine dik olacak biçimde yapıştırılmış, göbeğin her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar birbirine simetrik olan bir levha olarak tanımlanmaktadır, genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7 gibi tek sayıdadır (TS 2128, 1988). Günümüzün yapı sektöründe kontrplak; dayanıklılık, süreklilik, üretim ve maliyetler işleme kolaylığı, hafif olması, stabil boyut ve performans özelliği sağlaması açısından değerlendirildiğinde ideal özellikleri olan bir yapı malzemesidir (APA, 1999).

Çeşitli literatürlerde kontrplaklar iki ana sınıfta toplanmaktadır. Bunlar; odun kaplamalarından üretilen kontrplaklar (veneer plywood) ve orta tabakası (özü) odun çıtalara, yonga levha veya MDF olup yüzeyleri odun kaplama ile kaplanmış (core plywood) kontrplaklardır (Çolakoğlu, 2004).



Şekil 6. Kontrplaklarda tabakaların yerleşimi (a:3 tabakalı kontrplak, b:Orta tabakaları paralel yapıştırılmış 4 tabakalı kontrplak, c:5 tabakalı kontrplak)

EN 313-1 (1996) ve TS 3103 EN 313-1 (1998)'e göre kontrplakların sınıflandırılması Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Kontrplakların sınıflandırılması

Genel Görünüşlerine Göre	<ul style="list-style-type: none"> • Yapılarına Göre <ul style="list-style-type: none"> -Kaplama kontrplak -Odun özlü kontrplak (Kontrtabla) <ul style="list-style-type: none"> *Blok levha *Lamine levha -Kompozit kontrplak • Şekil ve Formuna Göre <ul style="list-style-type: none"> -Düz -Kalıplandırılmış
Başlıca Özelliklerine Göre	<ul style="list-style-type: none"> • Dayanım Yerlerine Göre <ul style="list-style-type: none"> -Kuru ortamda kullanım için -Rutubetli ortamda kullanım için -Dış ortamda kullanım için • Mekanik Özelliklerine Göre • Yüzey Görünüşüne Göre • Yüzey Durumlarına Göre <ul style="list-style-type: none"> -Kumsuz levha -Kumlu levha -Önceden cilalanmış levha -Kaplanmış levha (dekoratif kaplama, reçineli film, emprenye edilmiş kağıt.)
Kullanıcı İhtiyaçlarına Göre	<ul style="list-style-type: none"> • Genel amaçlı üretilen kontrplak • Özel amaçlı üretilen kontrplak (yapı, kalıp vb.)

1.5.2. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

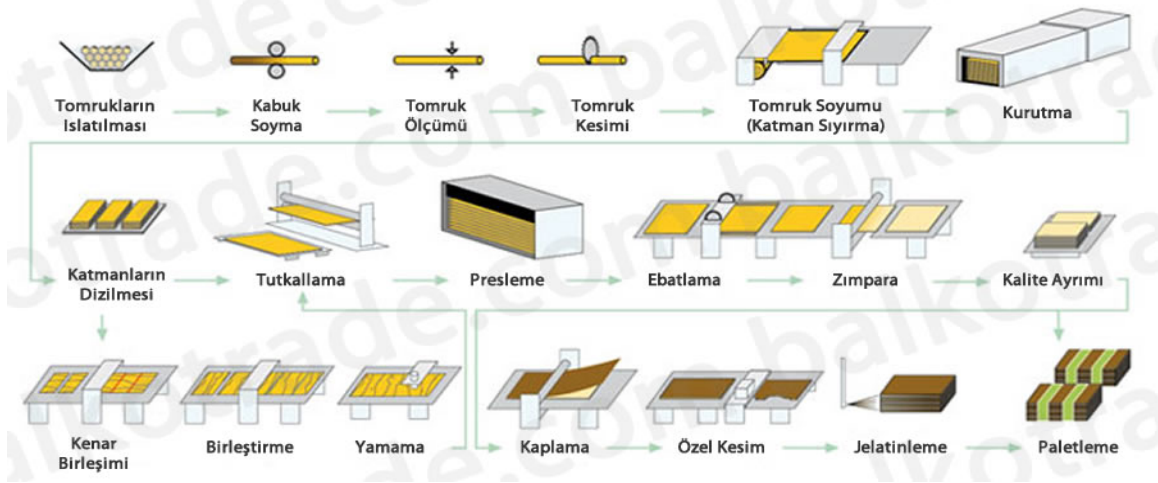
Türk standartları tarafından kaplama üretiminde kullanılması uygun olan ağaç türleri; ceviz, dişbudak, karaağaç, kestane, meşe, çam, göknar, ladin, armut, ıhlamur, kavak, kayın, kızılğaç ve kiraz olarak bildirilmektedir (Çolakoğlu, 2004). Kontrplak üretim teknolojisi açısından değerlendirildiğinde dağınık traheli yapraklı ağaç türleri daha uygun olmaktadır. Fakat yapraklı ağaç türlerinin yanı sıra çam, ladin, duglas göknarı gibi iğne yapraklı ağaç türleri de kullanılmaktadır. Kaplama soyma açısından özellikleri iyi olan ağaç türlerinden üretilen kaplamalar yüzey tabakalarında, kaplama soyma özellikleri iyi olmayanlar ara tabakalarda kullanılmaktadır (Güller, 2001). Kaplama üretiminde kullanılacak ağaç türünün soyma makinesinde basit ve verimli şekilde işlenmesi, üretilecek kontrplakların özelliklerini olumsuz etkilememesi gerekmektedir (Çolakoğlu, 2004).

Kontrplağın yapı maksatlı kullanımında, kontrplak levhalarının direnç değerleri ve kullanım yerine uygun tutkalla üretilmiş olması önem taşımaktadır (Vick, 1999). Ticari amaçlı en çok kullanılan kontrplaklar bu önem sınıfında yer almaktadır. Bu tip kontrplakların üretiminde yapraklı ağaç türlerinin (kayın, huş, kavak vb.) yanı sıra iğne yapraklı ağaç türleri de (çam, ladin, tsuga vb.) kullanılmaktadır. Yapısal amaçlı kontrplakların kullanıldığı bir çok alanda estetik görünüm önemli olmamaktadır (Demirkır, 2012). Genel amaçlı değerlendirilecek kontrplakların kullanım yerinde fazla özellik aranmamaktadır (Örs vd., 2002).

1.6. Kontrplak Üretimi

1.6.1. Kontrplak Üretim Teknolojisi

Kontrplak üretimi yapılacak olan ideal kaplamalık tomruğun; silindirik formda olması ve özün her iki ucun geometrik merkezinde bulunması, kabuğun kapladığı yüzeyin ve tomruk uçlarının kusursuz olması, yıllık halkaların yavaş ve homojen büyümesi, liflerin düzgün paralel olması, budak, çürük, renk bozukluğu olmaması, reaksiyon odununun bulunmaması, verimi düşürecek çatlakların olmaması ve çapın soyma kaplama üretimi için en az 35 cm olması istenmektedir (Lutz, 1977). Kontrplak üretimi yaş ve kuru sistem olarak iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Kontrplak üretimindeki süreçler Şekil 7’de gösterildiği gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 7. Kontrplak üretim safhaları (URL-6, 2020)

1.6.2. Tomrukların Depolanması

Tomruklarda çatlak oluşumunu engellemek için; tomruklar suda bekletilebilir veya su püskürtme işlemi uygulanabilir. Bu sayede tomrukların rutubeti lif doygunluk rutubetinin üzerine çıkartılarak çatlamların önüne geçilebilir (Çolakoğlu, 2004). Kaplama üretiminde kullanılacak tomrukların depolanması kısa süreler için olmalıdır ve depoya önce alınan tomruğun depodan ilk olarak çıkarılmasına dikkat edilmelidir. Tomruk enine kesitlerine koruyucu maddeler tatbik edilip, buna ek olarak çatlamanın önüne geçilebilmesi için bazı araçlar ve kimyasal maddelerin kullanılması ideal depolama koşullarında gerekli olan uygulamalardır (Çolakoğlu, 2004; Bozkurt ve Göker 1986).

1.6.3. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması

Tomruklar, kusurlu yerlerinin temizlenmesi, yabancı maddelerden arındırılması, soyma makineleri için uygun boyuta getirilmesi, buharlanması veya sıcak suda ısıtılması gibi bir takım ön işlemler uygulanarak soyma işlemine hazırlanmaktadır. Ön işlemlerden bir tanesi olan buharlama işleminin amacı; odunu yumuşatmak, kolayca işlenebilmeye hazır bir hale getirmek, kontrplağı oluşturacak levhaların uygunluğundan emin olabilmek adına eğilme kabiliyetini arttırmak ve kabuğunu yumuşatarak kolayca soyulmasını sağlamaktır (Bozkurt ve Göker 1986).

1.6.4. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması

Soyma makinesinden çıkan uzun bant halindeki kaplamalar bantlı ya da sargı bobin sistemi aracılığı ile boyutlandırma makaslarına iletilir. Boyutlandırılmış kaplamaların kurutulduğu bantlara aktarma işleminin devam etmesi ve kaplamanın makasa aktarılması makas bandı ile sağlanmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

Kaplama levhalarını kusurlarından temizlemek ve boyutlandırmak amacıyla kaplama levha makasları kullanılmaktadır. Parça haline getirilmiş kaplamalar istif arabasına üzerine alınarak kurutma makinesi önüne taşınmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

Soyma ve kesme makinelerinden çıkan yaş kaplamalar hemen kurutulmazlarsa mantarların etkisiyle ve kimyasal reaksiyonlar sonucu istenmeyen renk değişimleri meydana

gelebilir. Kaplama kurutma makinelerindeki ısıtma; buhar, sıcak su, yağ ve elektrikle yapılabilir. Tabakalı ağaç malzeme üretiminde tutkallama sonucu yeterli yapışma direnci sağlayabilmeleri için, tutkal türüne göre, belli bir rutubete kadar (%4-12) kurutulmaları gerekir. Geliştirilmiş kurutma makinelerinde suni olarak kısa süreler içinde kaplamalar kurutulurlar. Kesme kaplamalar için genellikle %8-12, kontrplak üretiminde kullanılacak soyma kaplamalar için ise yapıştırıcı cinsine göre %4-8 rutubete kadar kurutulma yapılmalıdır (Çolakoğlu, 2004).

Kaplamalara kurutma işleminin uygulanmasının asıl amacı, kaplamalardaki rutubet içeriğinin düşürülerek uygun bir yapışma işleminin gerçekleştirilmesidir. Kurutma işlemi için kontrplak endüstrisinde 90-160°C aralığındaki sıcaklık tercih edilmektedir. Yüksek kurutma sıcaklıkları tercih edilip kaplama kurutma süresini kısaltabilir ve kapasitesinin artırılması sağlanabilmektedir. (Aydın ve Çolakoğlu, 2005).

1.6.5. Kaplamaların Boyutlandırılması

Kaplama boyutlandırma işlemi; kaplama kurutma uygulamasından önce veya kurutma uygulamasından sonra iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Kurutma işlemi öncesinde yapılan yaş boyutlandırma işleminde kaplamalar belirlenen uzunlukta kesilirken diğer kısımdan hatalı yerleri çıkarılmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

1.6.6. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Kontrplak üretiminde bağlayıcı olarak en çok üre ve fenol formaldehit sentetik tutkalları tercih edilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda tutkal uygulama işlemi, silindirlerle sürme, püskürtme ve dökme sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Tutkal sürme makinelerinin temel amacı yapıştırıcının, uygulanacağı alana üniform olarak sürülmesini ve dağıtılmasını gerçekleştirmektir (Çolakoğlu, 2004; Bozkurt ve Göker, 1986).

1.6.7. Kontrplak Taslağının Hazırlanması

Tutkallama işlemi tamamlandıktan sonra alınan kaplama levhaları lifleri birbirine dik, istenilen tabaka sayısına göre tek sayıda olacak şekilde üst üste yerleştirilirler. Taslak

hazırlama işlemi manuel ya da otomatik olarak gerçekleştirilir. Kontrplak taslağı hazırlarken ilk önce alt yüz kaplaması serilir, daha sonra üzerine tutkallı levha, lifleri yüz kaplamasına dik olacak biçimde koyularak, kontrplağın ulaşması istenilen kalınlığına göre bir tutkallı bir tutkalsız olacak şekilde katlar yerleştirilir. İstenilen kalınlığa ulaşıncaya en son üst yüz kaplaması yerleştirilip taslak hazırlama işlemi bitirilmiş olur (Çolakoğlu, 2004).

1.6.8. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi

Üst üste yerleştirilmiş olan levha yüzeylerinin tam olarak birbirine nüfuz etmesini sağlamak amacıyla kontrplak levhalara pres işlemi uygulanmaktadır. Presleme işlemi ön pres ve sıcak pres olmak üzere iki farklı kademede gerçekleştirilmektedir. Ön presleme yapılmasının amacı tutkal odun bağının kuvvetlenmesi, verimliliğin artırılması ve kusurların azaltılmasını sağlamaktır. Ön pres basıncı sıcak pres basıncından %20-30 daha az tutulmalıdır, süresi ülkemizde 5-15 dk. olarak ayarlanmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

Sentetik reçine kullanılarak üretilen kontrplak levhalarında iyi bir yapışma sağlanabilmesi için sıcak presler kullanılmaktadır. Sıcak preslerde ısı, elektrik, yüksek frekans, buhar ve yağ ile sağlanmaktadır. Sıcak preslerde presleme süresinin belirlenmesi için 100°C sıcaklıktaki ısının orta tabakaya ulaşmaya kadar her 1 mm levha kalınlığı için 1dk olarak hesaplanmakta ve buna kullanılan tutkalın 100°C'de ki yapışma (sertleşme) süresi ilave edilmektedir (Bozkurt, ve Göker, 1986).

Pres basıncının ayarlanması ağaç türüne, elastikiyet ve sertliğe, üst yüzeylerin özelliğine, iç tabakanın ölçü tamlığı ve yapısı gibi faktörlere bağlı olup, aynı tabaka içinde değişik ağaç türleri kullanıldığında pres basıncı yumuşak ağaca göre ayarlanmaktadır. Pres basıncı yumuşak ağaçlar için genellikle 8-12 kg/cm², sert ağaçlar için 12-18 kg/cm² olarak uygulanmaktadır. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne bağlıdır ve her tutkal için uygun bir sertleşme sıcaklığı vardır. Üre formaldehit 90-120°C, fenol formaldehit ise 140-170°C arasındaki sıcaklıklarda sertleşmektedir (Bozkurt, ve Göker, 1986).

1.6.9. Levhaların Boyutlandırılması

Sıcak presleme işlemi tamamlandıktan sonra presten çıkan kontrplak üst üste dizilerek sıcak halde bir süre daha bekletilir. Ardından kontrplakların yan alma makinelerinde, levha kenarlarından 3-6 cm genişliğinde yan alma işlemi yapılır (Çolakoğlu, 2004).

1.6.10. Zımparalama

Kontrplakların yüzey düzgünlüğü zımpara veya sabit bıçaklı rende makineleri ile yapılmaktadır. Bu işlemin uygulanmasının amacı yüzey düzgünlüğünün sağlanacağı oranda yüzeyden bir miktar kalınlığın zımpara işlemi ile uzaklaştırılmasıdır (Çolakoğlu, 2004).

1.6.11. Tasnif ve İstifleme

Kontrplak malzeme ağaç cinsine, kullanılan tutkal ve tutkalın kalitesine göre sınıflandırılarak kapalı depolarda dış hava şartlarından (güneş ışığı, yağmur, rüzgar vb.) olumsuz yönde etkilenmeyecek şekilde muhafaza edilmelidir. İstifler arasına yerleştirilen latalar aynı kalınlık ve genişlikte seçilmeli, istif yapılan zemin düz ve kuru olmalıdır (Çolakoğlu, 2004).

1.7. Yapısal Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

Kontrplak üretiminde tercih edilen tutkallar sentetik reçineler olarak bilinen yapıştırıcılardır (Çolakoğlu, 2004). Sentetik reçineler, sıcaklık uygulaması ile sertleşen (termosetting) ve sıcaklık uygulaması ile yumuşayan (termoplastik) reçineler olarak iki temel grupta yer almaktadır (Excelman, 2000). Sentetik reçineler suya karşı gösterdikleri direnç sayesinde doğal tutkallardan daha etkili performans göstermektedir. Reçine türleri, karakteristik özellikleri ve kullanım alanları Tablo 3’de verilmiştir (Baldwin, 1995; Seller vd., 1988).

Tablo 3. Yaygın kullanılan reçine türleri, karakteristikleri ve kullanım alanları

Reçine Türü	Karakteristik Özellikleri	Kullanım Yerleri
Fenol-Formaldehit (FF)	Suya dayanımı iyidir, kahve-kızıl renktedir, alkali ortamda sertleşme gösterir, normal şartlarda 105 °C'nin üzerinde sertleşme sağlar.	Dış ortam uygulamalarında, OSB, etiket yonga levha ve yapısal kontrplaklarda kullanılır.
Melamin-Üre Formaldehit (MÜF)	Suya dayanımı orta seviyededir, sıcaklık ile sertleşir, ısı katalizör sertleşmesini hızlandırır, renksizdir.	İç ortam uygulamalarında idealdir, dış ortam koşullarında kısıtlı uygulanabilir, dekoratif kontrplaklarda kullanılır.
Melamin Formaldehit (MF)	Suya dayanımı iyidir, sıcaklık ile sertleşir, ısı ve katalizör uygulanması sertleşmesini hızlandırır, renksizdir.	Dış ortam şartlarında sınırlı olarak kullanılabilir, lamine levhalara ve dekoratif kontrplaklara uygulanabilir.
Fenol-Resorsinol Formaldehit (FRF)	Suya dayanımı iyidir, rengi koyudur, zor yapışma şartlarında çok iyi performans gösterir, sertleşmesi oda sıcaklığında olur, ısı ve katalizör ile sertleşmesi hızlandırılır.	Dış ve iç ortam uygulamalarında iyi sonuç verir, iskele, köprü, lamine levhalarına uygulanabilir.
Resorsinol Formaldehit	Suya dayanımı iyidir, rengi koyudur, zor yapışma şartlarında çok iyi performans gösterir, soğukta veya sıcakta sertleşebilir, katalizör uygulanarak sertleşmesi hızlandırılır.	Ekstrem dış ortam şartlarında, gemi aksam uygulamalarında, laminant ve mobilyalarda uygulanabilir.

1.8. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Kontrplak üretiminde kullanılacak tutkallara, dolgu ve katkı maddelerinin eklenmesi ile birlikte kazanılacak faydalar birçok literatürde belirtilmektedir. Dolgu maddeleri olarak lignoselülozik maddeler, katkı maddeleri ise proteinli ve nişastalı maddeler belirtilmektedir. Kontrplak üretiminde tercih edilen tutkalın cinsine, kullanılacak olan ortam şartına, odunun türüne, tutkallama yöntemlerine ve pres koşullarına bağlı olarak çeşitli miktarlarda katkı ve dolgu maddeleri eklenmektedir (Çolakoğlu, 2004).

ASTM-D-1907-77 standardına göre katkı maddeleri, yapıştırma özelliği az olan, birim alana sürülen ana yapıştırıcı miktarının azaltması amacıyla tutkala eklenen maddelerdir. Dolgu maddelerini; yapıştırma özelliği olmayan, tutkalın homojen yayılmasını ve tutkalın direnç özelliklerini artırması için eklenen maddeler olarak belirtilmektedir (Çolakoğlu, 2004).

Katkı maddelerinin (buğday gibi proteinli, nişastalı tahıl ve baklagil unları) tutkala ilave edilmesiyle; tutkal karışımının viskozitesi ayarlanır, makine ile sürülmesinde kolaylık sağlanır, kaplama yüzeyinin ıslanabilme yeteneği artar, tutkalın kaplama içerisine geçmesi

önlenir, tutkal hattında yaşanabilecek gerilmeler büyük ölçüde azaltılır ve sıcak preslemede tutkalın viskozitesinin azalmasının önüne geçilmektedir. Dolgu maddelerinin tutkala ilave edilmesiyle; kaplamalarda hücreler, boşluklar, çatlaklar ve diğer yüzey pürüzlükleri doldurularak porozitenin azalması sağlanmaktadır (Çolakoğlu, 2004).

1.8.1. Sertleştiriciler

Hazırlanan tutkal karışımının presleme zamanına kadar sertleşme göstermeden yapısını muhafaza etmesi, presleme esnasında ise olabilecek en kısa sürede sertleşmesi istenmektedir. Kontrplak üretiminde kullanılan FF tutkalı alkali ortamda sertleşme gösterdiği için yapıştırma da sertleştirici kullanılmaz (Çolakoğlu, 2004).

1.9. Kontrplağın Yapısal Kullanım Alanları

Yapılarda değişik şekillerde kullanılan temel yapısal malzemelerden biri kontrplaktır. Yapısal kontrplağın bilinen en önemli avantajı; yüksek boyutsal kararlılığı ve mekanik özelliklerinin çok değişim göstermemesidir (Yoshihara, 2009). Yapı uygulamalarında kontrplak levhalar, termal, biyolojik, akustik, hijyenik ve dekoratif özellikleri sayesinde çok çeşitli şekillerde uygulanabilmektedir (Canply, 2002).

Kontrplak malzemenin bir diğer avantajı levhanın uzunluğunca gösterdiği direncinin, genişliği boyunca gösterdiği direncine neredeyse eşit olması ve bağlantı elemanlarının ayrılmasına karşı yüksek direnç özelliği sergileyip, tabakalı yapısı sayesinde kusurları dağıtarak direnç özelliklerini yükseltmesidir (Youngquist, 2007). Kontrplakların işlenebilme kolaylığı olması sebebiyle düzgün levhalar elde edilebilmektedir. Çivi ve vida tutma direncinin de yüksek olduğu bilinen kontrplakların, kenarlarında bile çivileme işlemi uygulanabilmektedir (Demirkır, 2012).

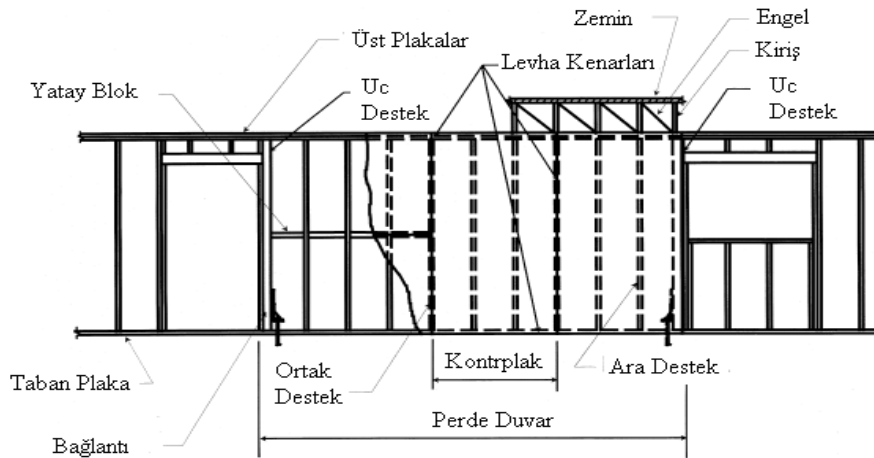
Kontrplak inşaat kalıplarında tekrar kullanılabilme imkanı vermesinden dolayı maliyetleri azaltmaktadır (Çalışkan, 2008). Yumuşak ağaç kontrplağı yapılarda daha çok dekoratif amaçlı kullanılır. Sert ağaç kontrplaktan üretilen malzemelerinin tam listesini çıkarmak imkânsızdır. Sert ağaç kontrplağın değerlendirildiği uygulamalara sandalyeler, mutfak ve banyo dolapları, masalar, duvar panelleri, sandıklar, bilgisayar ve televizyon mobilyalarının kullanımı örnek gösterilmektedir (URL-1, 2018).

Depreme dayanıklı bina tasarımında kontrplak perde duvarlarda kaplayıcı malzeme olarak tercih edilmektedir (Demirkır, 2008). Depremden zarar gören yapılarda başlıca problemlerden biri; tamamıyla betonarmeden yapılmış ağır binaların çökmesi sonucu içinde bulunan her şeyin ezilerek yaşam alanı bırakmaması yüzünden az sayıda insanın kurtulmasıdır. Beton malzemenin ağır olması sebebiyle deprem sonrası kurtarma çalışmaları ağır makineler yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir. Ancak ahşap yapıların hafif olması sebebiyle depremden zarar gördüğünde içinde daha fazla yaşam alanı oluşturur ve can kayıplarının minimuma inmesine olanak tanır. Deprem sonrası ahşap yapılarda kurtarma çalışmaları ağır iş makineleri beklenilmeksizin balta, balyoz ve el testeresi gibi aletler ile hemen tedarik edilebilir (Demirkır, 2012).

1.9.1. Perde Duvar

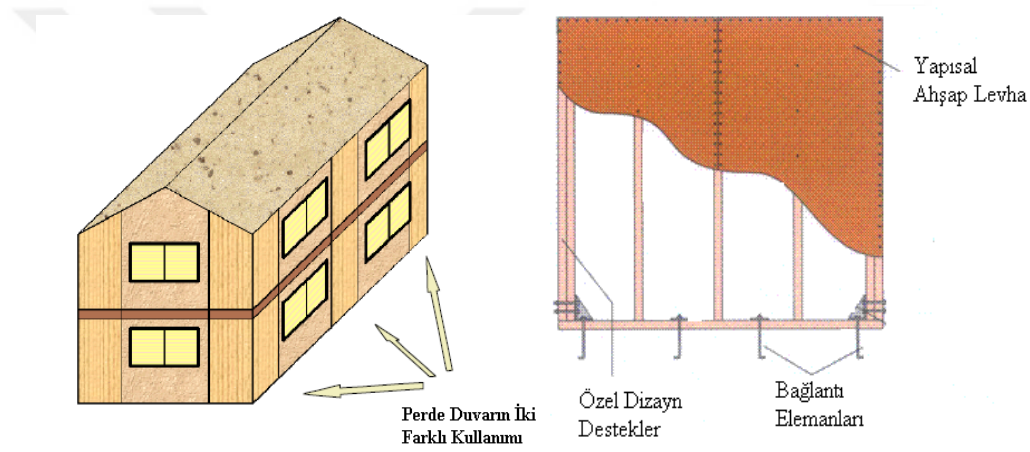
Rüzgâr ve deprem yükleri gibi yanal dirençlere karşı, kontrplaklar duvar kaplama materyali olarak kullanıldığı takdirde, çok iyi dayanım performansı sağlamaktadır. Genellikle kontrplaklar depreme dayanıklı yapı tasarımının oluşturulmasında perde duvarlarda kaplayıcı malzeme olarak tercih edilmektedir (APA, 1999).

Ahşap sistemli yapılarda, ahşap çerçeveli perde duvarlar yanal kuvvetlere karşı direnç sağlayan temel bir elemandır. Bütünüyle kaplanması tercih edilen duvar bölümlerinde geleneksel olarak tasarlanmış perde duvarların her bir ölçüsü dönmeye karşı gereklidir (Dolan ve Heine, 1997). Şekil 8’de bir perde duvar sistemi gösterilmektedir.



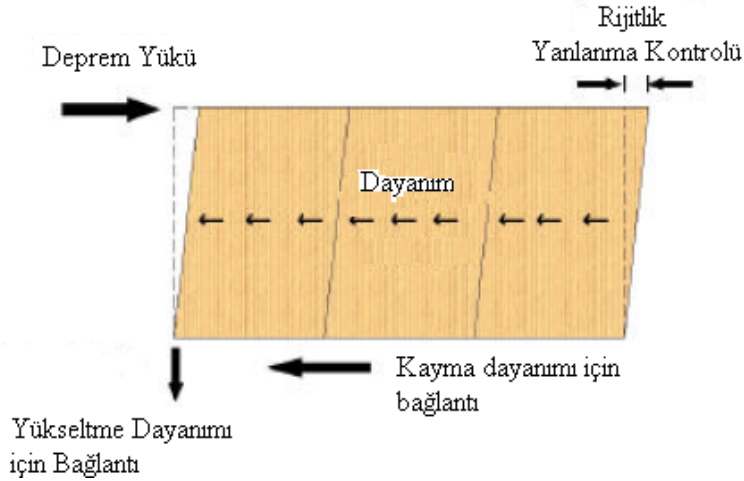
Şekil 8. Tipik bir perde duvar

Ahşap perde duvarlar ve birleştirme yöntemleri hakkında yapılan pek çok araştırma sismik tasarıma ve periyodik deneye odaklanmıştır. Bunun bir sonucu olarak perde duvarlarda yanal kuvvetler hakkında daha çok kod listelenmeye başlanmıştır (Gruber, 2012). Kuzey Amerika'daki birçok depremin ve fırtınanın sonucu olarak, Japonya ve dünyanın diğer yerlerinde de kuvvetli rüzgarlara ya da depremlere maruz kaldığı zaman yanal harekete dayanıklılığı artırılmış binaların tasarımına odaklanılmıştır. Ahşap karkas yapılarda kullanılması durumunda, perde duvarlar bu yüklere direnç göstermesi için bina tasarımına dahil edilmektedir. Ayrıca yapılarda, perde duvarlar tipik olarak odalar ve koridorlar arasında da kullanılabilir (Kodur ve Sultan, 2000).



Şekil 9. Perde duvarın konumlandırılması

Geleneksel perde duvar tasarımında, duvarların dış görünüşü pencereler ve kapılar gibi pek çok açıklık içerebilir (Dolan ve Heine, 1997). Perde duvarlar yatay rijitlik özelliği göstererek, yeterli rijitliğe ulaştığında çatı ve zemin parçalarının ayrılmalarını önleyip, dönmeyi de engellemektedir. Şekil 10' da perde duvarın iki önemli görevi gösterilmektedir.



Şekil 10. Perde duvarın iki önemli işlevi

Perde duvarın yanal yüklere karşı davranışının genellikle, kirişler, kenarlar ya da kirişlere benzer olarak, kaymaya dayanıklı bir bağlantı levhası gibi davrandığı düşünülmektedir. Bu basit benzerlik genel olarak rüzgâr ve sismik kuvvetlere karşı dayanım açısından tasarım için uygundur (Dolan ve Heine, 1997). Ahşap perde duvar sisteminin mukavemetini etkileyen pek çok faktör vardır. Bu faktörlerin en önemlileri;

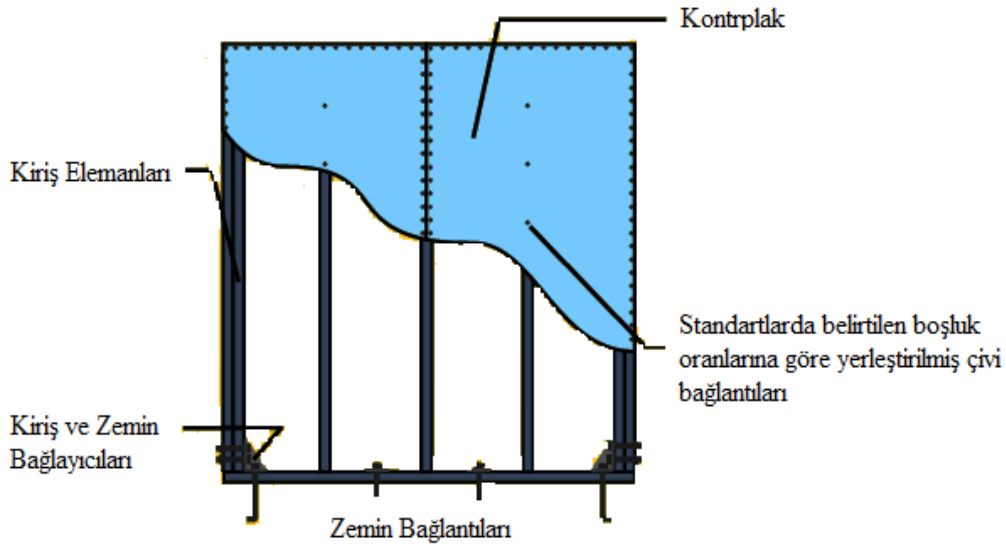
- Duvarın üzerine kaplanan malzemenin dayanımı,
- Duvarın boyu,
- Oluşturulan çerçevenin büyüklüğü,
- Boy- en oranının uyumluluğu,
- Duvarın ebatına göre seçilen bağlantı elemanlarının, duvara ve kaplamaya uygun olmasıdır.

Bu nedenlerden dolayı, perde duvarların dayanıklılık tasarımı genellikle tam ölçekli örnekler temel alınarak yapılır (Yu, 2013).

1.9.2. Perde Duvarlarda Bağlantı Elemanlarının Önemi

Kesme ve eğilme gerilmelerine karşı direnç kazandırmak için perde duvar sistemi yatay yükleri taşıyıp, bu yükleri zemine aktarmak amacıyla tasarlanmaktadır. Perde duvar ve diyafram (sistem arasındaki), kaplama ve çerçevede (sistem içindeki) kullanılacak bağlantı elemanlarının uygun olarak seçilmiş olmasının yanı sıra, çerçevede kullanılırken mümkün olan en uygun tasarımın yapılmış olması da büyük bir önem taşımaktadır (Wood, 2005).

Perde duvar sistemler kontrplak ile kaplanırken çivi veya yapıştırma işlemleri uygulanabilmektedir. Deprem esnasında çivi kullanılan kontrplak kaplı duvarlar sünek bir davranış özelliği gösterir ve çiviler deprem yükü altında deformasyona uğrayarak depremin enerjisini sönmümlerler (Smith, 1973). Kaplama ve çerçeve elemanları arasında kullanılan bağlantılar ahşap diyaframların dayanımını ve sağlamlığını etkilemektedir. Tercih edilen bağlantı malzemeleri; mekanik bağlantı elemanları, çeşitli yapıştırıcılar veya her ikisinin de ortak kullanılması şeklinde olabilir (McNatt,1979). Ahşap perde duvarlarda bağlantı elemanlarının gösterimi Şekil 11’ de verilmektedir (Bryan ve Readling, 2008).



Şekil 11. Perde duvar üzerinde bağlantı elemanlarının gösterimi

Yapılan bir çalışmada, direnç değerleri ile alakalı perde duvar sisteminde çok az problem ortaya çıktığı, asıl başarısızlık sebeplerinin perde duvar ve destek elemanlarının arasındaki bağlantı elemanları ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Dolan, 1999). Kontrplak, aynı kalınlıktaki diğer yapısal ahşap levhalar ile kıyaslandığında daha fazla mukavemet göstermekte ve çiviye ayrılmadan tutmaktadır. Dikkatli bir şekilde tasarlanan bir perde duvarda, kırılmalara ve çatlamalara mahal vermeden duvarın kenarına yakın olarak çivileme işlemi uygulanabilir (Çalışkan, 2008).

1.9.3. Ahşap Yapılarda Yalıtım Özellikleri

Ahşabın hücreli yapısı sayesinde çelikten 400 kat daha iyi yalıtkan olduğu bilinmektedir (Demirkır vd., 2010). Ahşap, beton ve çelik malzemeler ile kıyaslandığında iyi derecede yalıtılabilir performansı göstermektedir. Çelik malzeme ve betonda ısı geçirgenlik sorunu ve soğuk yüzeylerde nem yoğunlaşması gibi problemler mevcuttur, ancak ahşap malzeme bu gibi durumlar problem teşkil etmemektedir. Ahşap karkas yapılarda, ahşabın kendi yapısından kaynaklı doğal bir yalıtkan malzeme olması sebebiyle yüksek ısı yalıtımı elde edilmektedir (Önal, 2001).

Bir malzemenin çevresindeki ısıyı soğurabilmesi termal yayılım olarak bilinmektedir. Ahşap malzeme termal yayılım açısından değerlendirildiğinde metal, tuğla ve taş gibi malzemelere kıyasla düşük yayılım göstermektedir (Ngohe-Ekam vd., 2006). Bu özellik malzemenin içeriden dışarıya, dışarıdan içeriye ısı iletimi olmasının istenmediği koşullarda avantajlıdır (Demirkır, 2012). Kontrplak levhalarda ısının azalmasına sebep olabilecek ek (birleştirme) yerleri çok az bulunduğu için, perde duvarların kontrplak ile kaplanması termal özelliklerin iyileştirilmesine olumlu yönde etki etmektedir (APA, 1999).

Yapılan bir çalışmada, bina yapısına bağlı olarak ısı yalıtımının yapılmasıyla, %20-75 oranında ısı tasarrufu yapılabileceğini ve bu sayede kullanılan yakıt miktarında, atmosfere salınan zararlı gaz oranının da azalmasıyla çevre kirliliği yönünden etkili bir adım sağlanabileceğini belirtmektedir (Atmaca, 2016). Yapılarda ısı yalıtımının uygulanmasıyla birlikte yoğuşma ve küf oluşumlarının da önüne geçilmekte, bu sayede yapı ömrü uzatılmaktadır (Yaman vd., 2015).

1.9.4. Ağaç Malzeme Isıl İletkenlik ve Isıl İletkenlik Katsayısı

Isı iletkenlik katsayısı materyalin birim kalınlığı boyunca bir sıcaklık farkı altında geçen ısı enerjisini tanımlamaktadır (Örs ve Keskin, 2008). Ağaç malzemenin heterojen yapısından dolayı ısı iletkenliği katsayısı değişkendir. Ağaç malzeme ile ısı iletkenlik özelliği arasında; özgül ağırlık, rutubet miktarı, ısının hareket yönü ve boyutu arasında bir ilişki bulunduğu belirtilmektedir (Suleiman ve ark., 1999; Bader ve ark., 2007). Bunun yanı sıra ağaç malzeme bünyesindeki budakların, çatlakların, kusurların, lif kıvrıklığının da malzemenin ısı iletkenliğini etkilediği bilinmektedir (Simpson ve Tenwolde, 1999).

Yapısal ahşap malzemelerde ısı iletme kabiliyetinin, kullanılan tutkalın türüne, tutkala ilave edilen dolgu ve katkı maddelerine göre değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir (Kamke, 1989). Bilinen en önemli yapısal levhalar olan kontrplak, OSB, yongalevha ve liflevha ürünlerinde kullanılan tutkalın ve yapılan bazı emprenye uygulamalarının da malzemenin ısı iletkenliğini değiştirdiği bilinmektedir (Kol ve ark., 2008; Kol ve ark., 2010).

Bir enerji türü olan ısı, doğa kanunları gereğince her zaman sıcak ortamdan soğuk ortama doğru geçiş yapmaktadır. Isı geçişi önlenemez fakat çeşitli ısı yalıtımı uygulamaları ile kontrol altına alınabilmektedir (Yaman vd., 2015). Yapılan bir çalışmada farklı yapı ve yalıtım materyallerinin ısı iletkenlik ve yoğunluk değerleri araştırılmış olup sonuçları Tablo 4’de verilmektedir (Yaşar ve Erdoğan, 2008). Bu tabloya farklı ağaç cinslerine ait ısı iletkenlik katsayısı değerleri de ilave edilmiştir (Zylkowski, 2002).

Tablo 4. Yapı ve izolasyon malzemeleri ile bazı ağaç cinslerine ait termo-fiziksel özellikleri

Materyal Türü	Yoğunluk (g/cm³)	Isıl İletkenlik (Wm-1K-1)
Kayın (% 12 rutubet)	0.68	0.18
Kızılçam (% 12 rutubet)	0.46	0.13
Ponderosa Çamı(%12rutubet)	0.42	0.12
Sitka Ladini (% 12 rutubet)	0.42	0.12
Kontrplak	0.60	0.12
Kum	1.60	0.50
Çakıl	1.70	0.70
Çimento	1.86	0.72
Asfalt	2.10	0.60
Cam	2.69	0.76
Beton	2.30	1.40

Bir başka çalışmada, rutubet miktarı, özgül ağırlık ve ortam sıcaklığının artış göstermesi ile birlikte ısı iletkenliğin de yükseldiği, ancak levha kalınlığının ısı iletkenlik değişimlerine anlamlı bir fark yaratmadığı belirlenmiştir (Sonderregger ve Niemz, 2009).

1.9.5. Ahşap Yapılarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri

ISO ve CEN standartlarına göre ısı yalıtım materyallerinin ısı iletkenlik katsayısının (λ) 0,065 W/mK'den daha küçük olması gerekmektedir. Bunun nedeni; malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ne kadar küçük olur ise, yalıtım özelliği açısından o kadar iyi performans göstermektedir (Yaman vd., 2015). Yaygın olarak kullanılan bazı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değerleri Tablo 5'de aşağıda verilmektedir.

Tablo 5. Yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayı değerleri (CŞB, 2015)

Malzeme	Isıl İletkenlik Katsayı Değeri W/m.K
Metaller	35,0-384,0
Donatılı Beton	2,20-2,50
Donatısız Beton	1,65-2.10
Tuğla	0,19-1,40
Gaz Beton	0,11-0,29
MW, EPS, XPS, PUR/PIR gibi malzemeler	0,020-0,045

Isı yalıtımı yapılacak alanlarda doğru yalıtkan malzeme; ortalama dış ortam sıcaklığına, yalıtım materyalinin ısı iletkenlik katsayısına ve maliyeti gibi faktörlere göre seçilmelidir (Özkan ve Onan, 2011). Ülkemizde yaygın olarak kullanılan ısı yalıtım malzemeleri kısaca incelenecek olursa (CŞB, 2015):

Cam yünü; silis kumunun, 1200°C-1250°C'de ergitilerek, ince eleklerden geçirilip elyaf formuna getirilerek elde edilen açık gözenekli bir malzemedir. Şilte, levha veya boru formunda bulunabilmektedir.

Ekstrüde polistren köpük (XPS); pürüzsüz (ciltli), pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı yüzey formlarında homojen hücre yapısına sahip köpük malzemelerdir.

Genleştirilmiş polistren köpük (EPS); küçük tanecikli yapıya sahip polistrenin, ön şişirme işleminden sonra bir kalıp yardımı ile blok formunda veya levha formunda üretilmesiyle meydana gelen köpük malzemedir.

Poliüretan sert köpük (PUR); poliöl sistem ile izosiyanat karıştırıldıktan sonra, karışımın bir kabartıcı (köpürtücü) eklenerek genişmesiyle elde edilen köpük malzemelerdir.

Ahşap yünü (WW); ahşap malzemeden elde edilen talaşların, bağlayıcı madde kullanılarak sıkıştırıldıktan sonra levha formuna getirilmesiyle elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir.

1.9.5.1. Polistren Esaslı Strafor

Polistren esaslı straforlar, farklı yoğunluk aralığında bulunan sentetik polimerler kullanılarak üretilmektedirler. Ticari amaçlı üretimi ilk 1938’de ABD tarafından yapılmış ve 1940’lı yılların başında kullanılmıştır (Akovali, 2005; Shalbafan, 2013). Polistren, aromatik polimer olan monomer sitrinden yapılan, kimya endüstrisi tarafından petrolden üretilen sıvı bir hidrokarbondur. Katı polistren ürünleri polistren köpüğünden yapılmaktadır. En yaygın kullanım alanlarına ambalaj ürünlerinde, yalıtım malzemelerinde veya içecek kutularında rastlanmaktadır (URL-2, 2019).

1.9.5.1.1. EPS (Genleştirilmiş Polistren)

EPS, buhar ve pentan gazı ile birlikte etkileşime girdiğinde kapalı gözenekli bir forma dönüşen genellikle beyaz renkli halde bulunan, petrolden elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir (Horvath, 1997). EPS’nin%98’i hareketsiz havadan oluşmakta geriye kalan %2’sini ise polistren tamamlamaktadır (ÇŞB, 2015).

Yapılan bir uygulamada, cam yünü ve talaş gibi malzemeler kullanılarak duvara aktarılan yanal zemin yükleri azaltılmaya çalışılmıştır. Fakat kullanılan bu materyallerin duvara iletilen kuvvet altındaki, fiziksel performanslarının tam olarak belirlenememiş olması sebebiyle kullanımları sınırlı seviyede kalmıştır. EPS malzemesi; fiziksel özelliğini kaybetmemesi ve sudan etkilenmemesi gibi önemli avantajlarından dolayı istinat yapılarında duvar ve toprak dolgu arasında kullanılmıştır (Rehman ve Broms, 1972 ; Edgar, Puckett ve Dspain, 1989).

EPS; ahşap, çimento, beton, kireç, alçı, metal gibi yapı bileşenlerine karşı tepkisiz özelliktedir. Bu sebeple ahşap yapıda kullanımı daha fazla tercih edilmektedir. Isı yalıtım levhalarının mekanik özellikleri, yüzeylere dik çekme dayanımına göre en yüksek değerler açısından sıralanırsa XPS, EPS ve cam yünü olduğu görülmektedir (URL-3, 2019). EPS

malzemesinin tutuşma noktasının 360-370 °C'de olması yangın durumunda çok hızlı yanmasının önüne geçmektedir (Horvath, 1997).

1.9.5.1.2. XPS (Ekstrüde Polistren)

XPS ilk olarak 1940'lı yıllarda, Amerika'da askeriyede kullanılmak üzere üretilmiştir. Devam eden yıllar içinde XPS'nin suya ve neme karşı yüksek direnç göstermesinin yanı sıra, ısı yalıtım özelliklerinin de iyi seviyede olduğunun fark edilmesiyle üretimine ısı yalıtımında kullanım amacıyla devam edilmiş ve 1960'lı yıllarda Avrupa'da binalarda ve çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanılmıştır (URL-4, 2019).

XPS'nin yapılarda yalıtım malzemesi olarak tercih edilmesini sağlayan özellikleri; düşük ısı iletkenlik değeri, kapalı gözenekli yapıya sahip olması, don olayına karşı iyi dayanım sağlaması, boyutsal stabilitesi, plastikler ile karıştırılmadan geri dönüşüm yapılabilmesi, her türlü kesici aletler ile ufalanmadan kesilebilir olması ve fire vermemesi olarak sayılabilmektedir (URL-4, 2019).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç Malzeme

Çalışma kapsamında, kontrplak imalatında çoğunlukla tercih edilen, ülkemizde yetişen iğne yapraklı ağaç türlerimizden Karaçam (*Pinus nigra*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis*) ağaç türü olarak seçilmiştir. Tomruk çaplarının silindirik yapıda ve en az 35 cm olmasına, düzgün lifli, reaksiyon odunu içermemesine, budaksız olmasına ve çürük ve renk bozukluğunun bulunmamasına önem gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan iki ağaç türü için, çapı 35 ile 50 cm arasında, boyu 6 m olan 5'er adet tomruk tedarik edilmiştir.

2.1.1.1. Karaçam (*Pinus nigra*) Odun Özellikleri

Karaçam; *Pinusnigrasp. pallasiana* 3.313.706 hektarlık yayılışı ile Anadolu'da en geniş alana sahip çam türümüzdür (Ünaldı, 2004). 35-40m kadar boy yapmaktadır. Enine kesiti mattır, teğet kesitinde ise koyu yaz odunu şerit şeklindedir. Tam kuru ve hava kurusu yoğunlukları sırasıyla, 0.52 gr/cm³ ve 0.56 gr/cm³'tür. Eğilme direnci değeri, 1096 kg/cm² iken liflere paralel basınç direnci değeri, 479 kg/cm² ve liflere dik çekme direnci 23.4 kg/cm²'dir. Çivi ve vida tutma kabiliyeti yüksektir, işlenmesi de kolay olduğu için yapı malzemesi olarak tercih edilir (Bozkurt ve Göker, 1996). Karaçamın değerlendirildiği alanlara; tel ve maden direkleri, traversler, iskele kazıkları, köprü ve giriş aksamları, gemi ve ufak teknelerde, karoseri ve vagon yapımında, bina inşaatında iç dekorasyonda ve mobilya imalatında kullanılması örnek verilebilir (Yaman, 2015).

2.1.1.2. Doğu Ladini (*Picea Orientalis* L.) Odun Özellikleri

Doğu Ladini; dağların denize bakan yamaçlarında ülkemizin Gürcistan sınırından Ordu'nun Melet nehri arasında, saf ve karışık meşçereler oluşturmaktadır (Anşin, 1988). Boyu 40-50m kadar düzgün gövdeli olmakta, çapı ise 150-200 cm'yi bulabilmektedir (Bozkurt, 1992). Tam kuru özgül ağırlığı ortalama 0.406 g/cm^3 'dür. Ancak, $0.300-0.590 \text{ g/cm}^3$ arasında da sonuç verebilmektedir. Eğilme direnci ortalama olarak 780 kg/cm^2 , elastikiyet modülü 6700 kg/cm^2 'dir. Yumuşak odun sınıfında yer almaktadır (Berkel, 1970). Odun rengi sarımsı beyazdır, yıllık halka sınırları çok belirgindir. İyi kurutulur. Kaplama levha olarak radyal yönde biçilmesiyle, gemi ve maden direği, liflevha ve yongalevha yapımında, dar yıllık halkalara sahip kusursuz tarafından ise müzik aletlerinde rezonans tablası olarak kullanılmaktadır. Çatlama ve dönüklüğe karşı eğilimi azdır. Binalarda yapısal malzeme olarak, işlenmesinin kolaylığı ve iyi yapıştırılması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Bozkurt, 1992).

2.1.2. Tutkal

Tez kapsamında; yapısal maksatlı kullanımlarda ve kontrplak üretiminde sıklıkla tercih edilen tutkal türünden birisi olan fenol formaldehit reçinesi kullanılmıştır.

2.1.2.1. Fenol Formaldehit (FF) Tutkalı

FF reçineleri, yapısal ahşap malzemelerde sıklıkla tercih edilen tutkal türüdür. Dış ortam şartlarında kullanılacak kontrplaklar, OSB ve LVL gibi yapısal amaçlı levhalar bu tutkal türünün esas uygulama alanlarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, plastik kompozit üretimi ve uçak endüstrisinde farklı kullanım alanı olarak örnek verilebilir (Timar, 2006). Sıcak pres koşullarında sertleşen tutkallardır. Genellikle koyu kırmızı kahverengi renktedir. İğne yapraklı ağaç kontrplaklarının üretiminde fenol formaldehit tutkallarının kullanımı ön plana çıkmaktadır. Toz, sıvı veya film şeklinde üretilebilirler. Sağlık açısından yüksek performans gösteren bir tutkal çeşididir (Aydın, 2004). Tez kapsamında yapılan bu çalışmada, %47 oranında fenol formaldehit reçinesi kullanılmıştır.

2.1.3. Yalıtım Malzemeleri

Bu çalışmada, yapıların yalıtımı için piyasada en çok kullanılan EPS ve XPS levhaları tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan yalıtım malzemelerine ait teknik bilgiler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Çalışmada kullanılan EPS ve XPS levhalara ait teknik bilgiler

Teknik Özellikler	EPS	XPS
Yoğunluk (kg/m ³)	16	30
Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)	0.039	0.033
Su buharı difüzyon direnç faktörü	20-100	90-100
Kullanım sıcaklığı	-50/+75 °C	-50/+75 °C
Yangına Tepki Sınıfı (TS 13501-1)	E	D
Levha ebatları (GxYxK cm)	60x120x3	60x120x3
Basma dayanımı (kPa)	50	100
Eğilme dayanımı (kPa)	75	50

*Bilgiler üretici firmadan temin edilmiştir.

2.2. Kontrplak Levhalarının Üretimi

Teknolojik özellikleri araştırılan kontrplakların, çalışmada homojenlik göstermesi amacıyla, kullanılan tomruklar aynı bölgeden temin edilmiştir. Kontrplak üretiminde; kaplamaların soyulması, kurutulması, tutkallanması ve preslenmesi aşamaları bir kontrplak üretim tesisinde gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel şartlar altında gerçekleştirilmiş olan bu üretime ait adımlar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

2.2.1. Kaplama Soyma ve Kurutma İşlemi

Soyma makinesinin yatay açıklığının kaplama kalınlığına oranı %85'i olacak şekilde ayarlanıp, düşey açıklığın ise 0.5 mm olarak ayarlanması ile birlikte 2 mm kalınlığında ve

1.20x2.40 m boyutunda kaplamalar üretilmiştir. Kaplama levhaları 110°C sıcaklıkta kurutma makinesinde kurutulmuşlardır.

2.2.2. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Tutkal sürme işleminde dört silindri tutkallama makinesi kullanılmış olup, kaplama levhasının bir yüzüne tutkal çözeltisi 160 gr/m² olacak şekilde tatbik edilmiştir. Perde duvarlarda kaplama malzemesi olarak kullanılacak kontrplakların Eurocode 8 (2012) standardı tarafından sahip olması gereken minimum kalınlık değerin 9 mm ve üzeri olması gerekliliği bildirilmektedir. Bu sebeple, yapılan bu çalışmada kalınlık direncinin test edilmesine imkân sağlayacak 7 tabakalı 14 mm kalınlığında levha taslağı üretimi gerçekleştirilmiştir.

2.2.3. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi

Kontrplak taslaklarını presleme uygulaması için çok katlı bir hidrolik pres makinesi kullanılmıştır. Pres sıcaklığı 140 °C’de ayarlanmış olup, pres basıncı ise 8 kg/cm² olacak şekilde boyutları 1.20x2.40 m olan kontrplak levhalarına pres işlemi uygulanmıştır. Pres süresi, levha kalınlığı dikkate alınarak her bir mm kaplama kalınlığı için ortalama 1 dakika olacak şekilde 2 mm’lik kaplamalardan üretilen kontrplak levhalar için 14 dakika olarak uygulanmıştır.

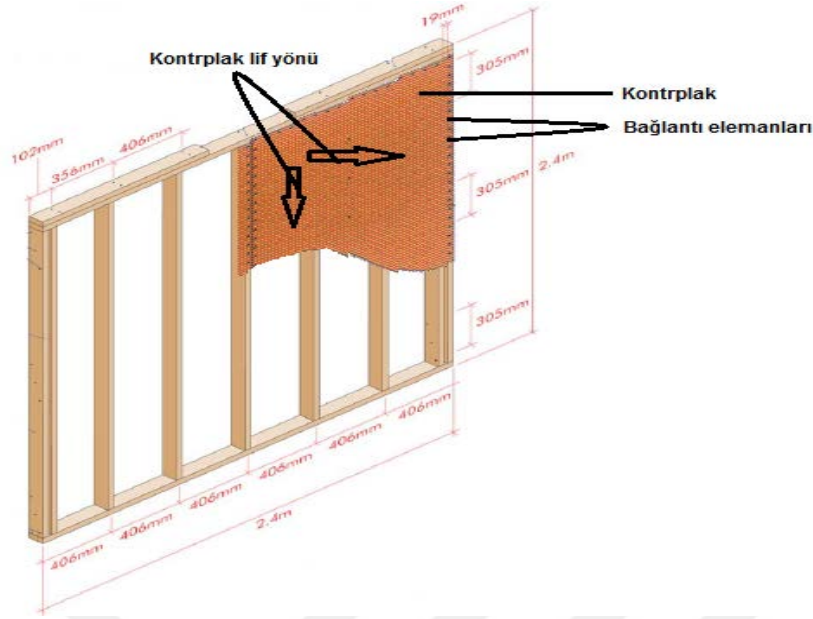
Yapılan bu çalışmada; iki farklı ağaç türü, perde duvarlar üretilirken kullanılan kontrplakların 2 farklı lif yönü ile tasarımı, 2 farklı yalıtkan türü ve 2 farklı bağlantı elemanı kullanılarak toplam 16 adet perde duvar grubu oluşturulmuş ve her grup için 2 adet perde duvar üretilerek testleri yapılmıştır. Her bir perde duvar için 2’şer adet kontrplak levhası olacak şekilde her ağaç türü için toplam 32 levha üretilmiştir. Oluşturulan perde duvar gruplarının tanıtımı Tablo 7’ de verilmektedir.

Tablo 7. Yapılan çalışmanın amaçlarına uygun olarak oluşturulan grupların tanıtımı

Duvar No	Grup Adı	Ağaç Türü	Lif Yönü	Bağlantı Elemanı Türü	Yalıtım Malzemesi Türü
1	KÇ-D6-EPS	Karaçam	Dik	6d	EPS
2	KÇ-D6-XPS				XPS
3	KÇ-D8-EPS			8d	EPS
4	KÇ-D8-XPS				XPS
5	KÇ-P6-EPS		Paralel	6d	EPS
6	KÇ-P6-XPS				XPS
7	KÇ-P8-EPS			8d	EPS
8	KÇ-P8-XPS				XPS
9	LD-D6-EPS	Ladin	Dik	6d	EPS
10	LD-D6-XPS				XPS
11	LD-D8-EPS			8d	EPS
12	LD-D8-XPS				XPS
13	LD-P6-EPS		Paralel	6d	EPS
14	LD-P6-XPS				XPS
15	LD-P8-EPS			8d	EPS
16	LD-P8-XPS				XPS

2.3. Perde Duvarların Üretilmesi ve Modellerin Oluşturulması

Çalışma kapsamında oluşturulan grupların perde duvar üretimlerinde, standart çerçeve ebatları, kontrplakların bu çerçeveye yerleştirilmesi, montaj ve bağlantı elemanlarının konumları gibi detaylar ASTM E 72 (2014) standardına göre Şekil 12’ de gösterilmektedir.



Şekil 12. Çerçeve boyutlarının gösterimi ve kontrplak konumu

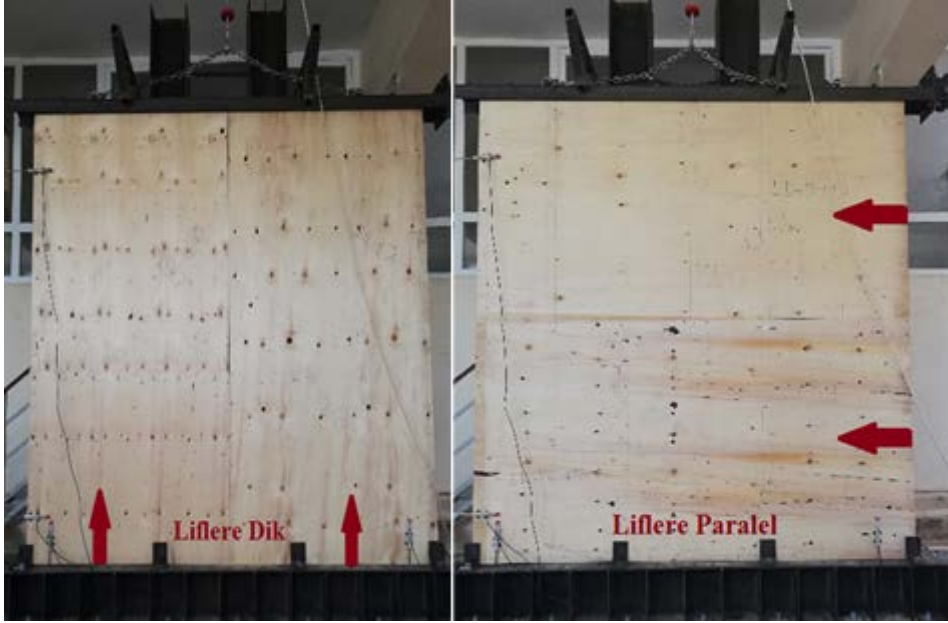
Şekil 12’de çalışmanın deneysel gösterimi yapılmış olup, perde duvar üzerinde levha gruplarının versiyonları aşağıda belirtilmiştir:

Oluşturulan perde duvar çerçeve elemanları 5x10 cm boyutundaki ladin keresteleri ile birleştirilmiş, üst ve kenar kısımlarına da ikişer keresteden oluşacak şekilde kirişler yapılmıştır. Her bir levha grubu çerçevesini test etmek için 12 adet kereste $0.05 \times 0.1 \times 2.4 \text{m} = 0.012 \text{ m}^3$ kereste kullanılmış olup, bir levha grubuna 2 tekrarlı olacak şekilde 2 çerçeve sistemi yapılmıştır. Kurulan her çerçeve sistemine 1.2x2.4 m boyutunda 2 adet kontrplak çivilenmiştir. Bu sayede, 2.4x2.4 m ebatlarındaki perde duvarlar oluşturulmuştur. Çerçeve sisteminin zemin ile olan bağlantısı, beton zeminler için uygun bağlantı elemanları ile sağlanmıştır (Şekil 13). Kontrplak ile perde duvarı birbirine bağlamak için bağlantı elemanı olarak 6d ve 8d çiviler kullanılmıştır. Çelikten yivli olarak üretilmiş çiviler, hava tabancasıyla rulo halinde tel dizili olarak tedarik edilmiştir. Çivi başlıklarının ölçüsü 6 mm’dir.

ASTM E 72 standardında belirtilen yük uygulama prosedürüne göre yürütülen testlerin ardından her bir deney grubu için maksimum yük taşıma kapasitesi ve maksimum yer değiştirme miktarları belirlenmiştir. Kontrplakların, perde duvarların kaplanmasında iki farklı lif yönü tasarımı Şekil 14’de gösterilmiştir.



Şekil 13. Bir perde duvar çerçeve sisteminin zemine montajı



Şekil 14. Lif yönüne göre tasarımı yapılan perde duvarların gösterimi

Perde duvarlar üretilip, zemine montajı yapıldıktan sonra, kaplanmayan yüzeydeki çerçeve boşluklarına, EPS ve XPS levhaları yerleştirerek testleri yapılmıştır. Yalıtım malzemelerinin, duvarların arka yüzeyini kaplamasına ait görseller Şekil 15’de verilmiştir.



Şekil 15. Perde duvarların yalıtım malzemeleriyle kaplanması

2.4. Yöntem

Çalışma kapsamında kontrplak levhalarının kalitesinin istenilen sonuçları sağlayıp sağlamadığının tespit edilebilmesi için, bazı fiziksel ve mekanik testler ve perde duvarların sismik dayanım performanslarını belirlemek için analizler gerçekleştirilmiştir.

2.4.1. Kontrplakların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

2.4.1.1. Yoğunluk

TS EN 323 (1999) standardına göre test edilecek kontrplakların yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Numune ebatları, 50x50xlevha kalınlığı (mm)'dir. Numunelerin hava kurusu ağırlıkları ± 0.01 g hassasiyetli analitik bir terazide tartılıp, boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı kumpas ve mikrometre ile ölçüldükten sonra yoğunluk değerleri hesaplanmıştır. İki farklı ağaç türünden üretilen kontrplaklar için 20'şer adet olmak üzere toplamda 40 adet numune test edilmiştir. Örneklerin yoğunlukları aşağıdaki belirtilen formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\delta = \frac{M_r}{a_1 \times a_2 \times e} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Burada;

δ = Hava kurusu haldeki özgül ağırlığı (g/cm^3)

M_r = Ağırlık (g)

a_1 = Örnek genişliği (cm)

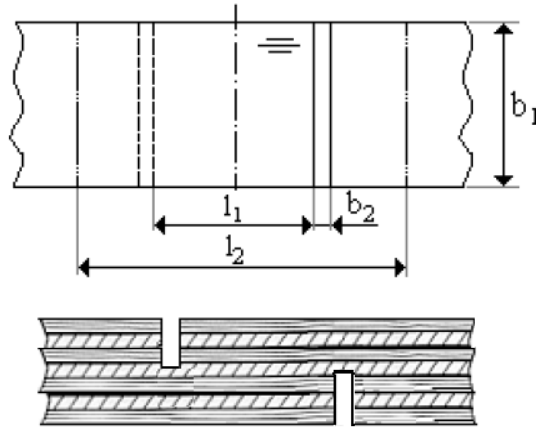
a_2 = Örnek uzunluğu (cm)

e = Örnek kalınlığı (cm)

2.4.2. Yapışma Direnci (Çekme-Makaslama Direnci)

Kontrplakların en önemli mekanik özelliklerinden birisi olan çekme-makaslama direnci, malzemenin diğer mekanik özelliklerinin belirlenmesinde ve yorumlanmasında önemli bir yer teşkil etmektedir. Kontrplağın kalitesi ve kullanım yerinin belirlenmesinde de çekme-makaslama direncinden faydalanılmaktadır.

TS EN 314-1 (1998) standardında belirtilen hususlara göre kontrplak levhalarının yapışma direncinin belirlenmiştir. Standarda göre yedi tabakalı kontrplak levhalarından hazırlanan örnekler, Şekil 16'da gösterilmektedir.



Şekil 16. Yedi tabakalı kontrplak levha çekme-makaslama direnci test örneği

Yapışma direnci değerlerinin bulunmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\zeta.M = \frac{F_{\max}}{l_1 \times b_1} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2)$$

Burada (Şekil 16);

l_1 : Makaslama uzunluğu (25 ± 0.5 mm) Örnek kalınlığı = Levha kalınlığı

b_1 : Makaslama genişliği (25 ± 0.5 mm)

l_2 : Sıkıştırma çeneleri arasındaki minimum uzaklık (50 mm)

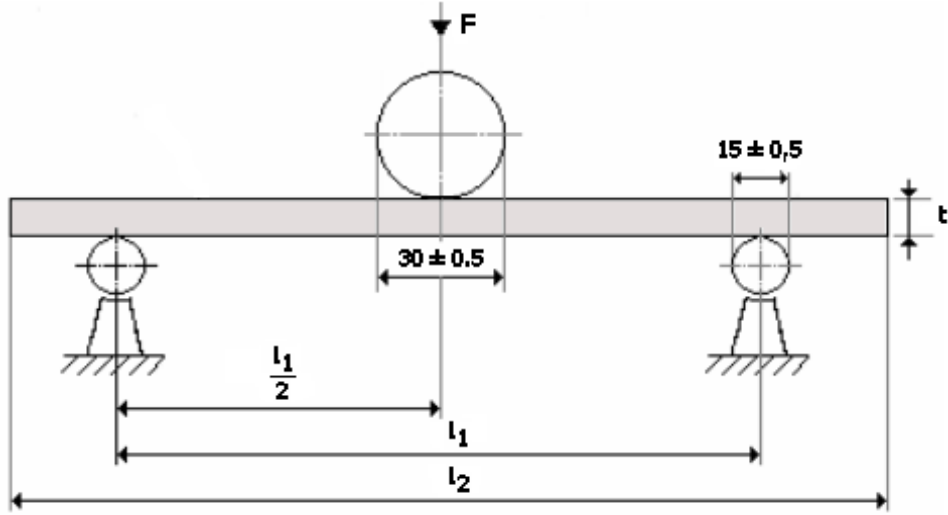
b_2 : Örnek yüzeylerine açılan kanalların genişliği (2.5 – 4 mm)

F_{max} : Kopma anındaki maksimum

Yapışma direnci uygulanacak numuneler, kullanılan tutkal cinsine göre farklı bekletme ortamlarında ön işlem uygulandıktan sonra test edilmektedir. Bu çalışmada FF tutkalı kullanılarak üretilmiş olan kontrplak levhalarından alınan numunelerden az 1 saat (20 ± 3)°C'de suda bekletilip, ardından kaynayan su içinde 4 saat bekletilme işleminden sonra hava dolaşımına bir kurutma fırınında (60 ± 3)°C'da 16-20 saat kurutma işlemi yapıldıktan sonra, tekrar kaynayan suda 4 saat bekletilme işlemi de tamamlandıktan sonra (III. Yapışma Sınıfı) testleri yapılmıştır (TS 3969 EN 314-1, 1998). Deneyler üniversal test makinesinde gerçekleştirilmiştir. Her deney grubundan 20'şer adet numune kullanılmıştır. Deney örneklerinin her iki uçlarından 30 mm'lik kısımları test makinesindeki, kavrama çenelerinde kalacak şekilde, düşey olarak yerleştirildikten sonra, çekme kuvveti uygulanmıştır.

2.4.3. Eğilme Direnci

TS EN 310 (1999) standardında belirtilen hususlara göre kontrplak levhalarına eğilme direnci testi uygulanmıştır. Eğilme direnci ortalama değerlerinin belirlenebilmesi için kontrplak test örneklerinden 12'şer adet numune kullanılmıştır. Kontrplak levhaları için deney örneklerinin boyutları; kalınlık, kontrplak kalınlığında, genişlik 50 ± 1 mm ve uzunluk ise levhanın anma kalınlığının 20 katına 50 mm ilave edilerek hesaplanmış ve deney örnekleri hazırlanmıştır. Örnekler iklimlendirme odasında bir süre muhafaza edilerek rutubet içeriğinin %12'ye yaklaşması beklenmiştir. Daha sonra örnek kalınlıkları ± 0.01 mm duyarlıklı mikrometre ile genişlikleri ± 0.1 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Test edilecek numuneler makineye dayanak noktaları arasındaki açıklık, numune kalınlığının 20 katı olacak şekilde yerleştirilmiş ve numunenin orta noktasından kuvvet uygulanmıştır. Şekil 17'de standarda göre hazırlanmış düzenek gösterilmektedir.



Şekil 17. Eğilme direnci test düzeneği (ölçüler mm'dir)

Eğilme direnci değerlerinin bulunmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$E.D = \frac{3 \times F_{\max} \times l_1}{2 \times b \times t^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3)$$

Eşitlikte;

F: Kuvvet (N)

l_1 : Dayanaklar arasındaki açıklık (20t) (mm)

t: Deney parçasının kalınlığı (mm)

l_2 : Deney numunesinin uzunluğu (I1+50) (mm)

Fmax: Kırılma anındaki maksimum yük (N),

b: Deney parçasının genişliği (mm) dir.

2.4.4. Elastikiyet Modülü

TS EN 310 (1993) standardına belirtilen hususlara göre, kontrplak levhalarına elastikiyet modülü testi uygulanmıştır. Elastikiyet modülü testinde elastik deformasyon bölgesindeki eğilme değişimleri belirlenmiştir. Deformasyon noktasında eğilme miktarı komperatör ile 0.01 mm, kırılma anındaki kuvvet makine göstergesinden 1 kg duyarlılıkla ölçülmüştür. Her deney grubu için 12'şer adet örnek kullanılmıştır. Elastikiyet modülünün tespitinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E = \frac{Fxl^3}{4xe \times b \times d^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4)$$

Burada;

e= Eğilme miktarı (sehim) (mm)

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

d= Örnek kalınlığı (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

2.5. Kontrplaklar ile Yalıtım Malzemelerinin Isıl İletkenlik Katsayısı

Perde duvarlarının üretiminde ortaya çıkan kontrplak ve yalıtım malzemesi birleşimlerinden yola çıkılarak oluşturulan grupların ısıl iletkenlik katsayı ölçümleri, LaserComp (USA) tarafından üretilen Fox 314 ısıl iletkenlik ölçüm cihazından yapılmıştır. Cihaz, -20 ile 95°C arasında ölçüm yapabilen, örnek kalınlıklarına duyarlı ve 0.005-0.35 W/mK değerleri arasındaki sonuçları %1'den daha düşük bir hata oranıyla vermektedir. Cihaz, Şekil 18'de gösterilmektedir.



Şekil 18. Lasercomp Fox-314 ısıl iletkenlik cihazı

Isıl iletkenlik ölçümü ASTM C 518 (2004) & ISO 8301 standardına göre yürütülmüştür. Cihazın üst plakası 20°C, alt plakası 40°C olarak ayarlanmıştır Bu plakalar arasına

yerleştirilen 30x30 cm ebatlarında ve örnek gruplarının kalınlığındaki numunelerin ısı iletkenlik katsayıları ölçülmüştür.

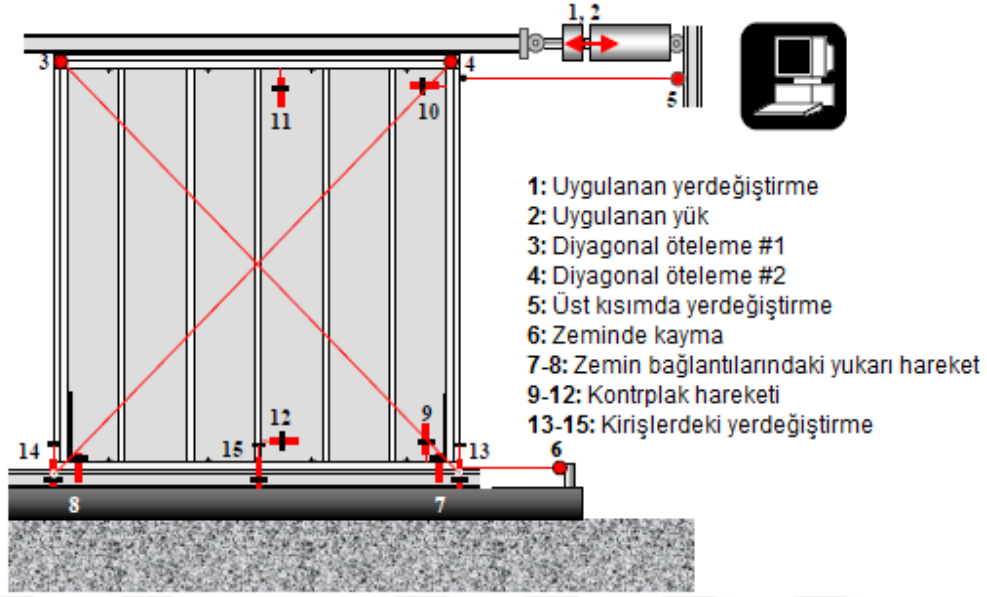
Isıl iletkenlik katsayısının belirlenmesinde her test grubu için kontrplak altta olacak şekilde üst kısma EPS ve XPS levhaları yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirilmiştir. Alt kısımda bulunan kontrplak levhalarının lif yönü değiştirilerek hem EPS hem de XPS levhaları için ölçüm yapılmıştır. Her ölçüm grubu için ısı iletkenlik ölçümü iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere ait görseller Şekil 19’da verilmiştir.



Şekil 19. Oluşturulan ölçüm gruplarının ısı iletkenlik cihazına yerleştirilmesi

2.6. Ahşap Çerçeve Perde Duvar Analizi Testi

ASTM E 72 (2014) standardına göre perde duvar analiz testi doğrusal yük altında uygulanmıştır. Kurulan test düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 20’de verilmektedir.



Şekil 20. Test düzeneğinin şematik gösterimi

ASTM E 72 (2014) standardına göre perde duvarlara; 354, 712 ve 1071 kN'luk kuvvet uygulandıktan sonra oluşan yer değiştirmeleri ölçülerek yapılmıştır. Ölçümler, duvarların başarısızlığa uğrayıncaya kadar veya toplam yerdeğiştirme miktarının 100 mm olması durumunda bitirilmiştir. Analiz sonucunda, duvarın taşıyabileceği maksimum kuvvete ve maksimum yük anında ki yerdeğiştirme miktarları belirlenmiştir.

2.7. İstatistiksel Analiz

Kontrplak levhaları ile yalıtım malzemelerinin kombinasyonlarından oluşan ısı iletkenlik ölçüm gruplarında, ağaç türü, lif yönü ve yalıtım malzemesi türünün, ısı iletkenlik katsayı değerleri üzerine etkilerini belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmıştır. Ayrıca, perde duvarlara yapılan analizler sonucunda elde edilen maksimum yük ve son yükteki yerdeğiştirme miktarının üzerine, ağaç türü, lif yönü, yalıtım malzemesi türü ve bağlantı elemanı türünün etkileri yine çoğul varyans analizi yapılarak belirlenmiştir. Varyans kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında, Student Newman-Keuls testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerin uygulanmasında, SPSS 22 for Windows istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Kontrplakların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Ait Bulgular

Üretilen kontrplak levhalarının bazı teknolojik özelliklerine ait ortalama değerler ve standart sapmaları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Üretilen kontrplakların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait ortalama değerler

Ağaç Türü	Yoğunluk (g/cm ³)		Yapışma Direnci (N/mm ²)		Eğilme Direnci (N/mm ²)		Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	
	X	S	X	S	X	S	X	S
Karaçam	0.592	0.05	1.93	0.10	43.62	2.91	4234.90	285.29
Ladin	0.482	0.03	1.72	0.30	40.23	3.27	4008.98	437.29

X: Aritmetik Ortalama, S: Standart Sapma

Tablo 8’e göre, kontrplakların fiziksel özelliklerinden yoğunluk değerleri incelendiğinde; karaçam levhalarından üretilen kontrplakların, ladin ile üretilenlere göre daha yüksek yoğunluk değeri verdiği görülmüştür. Kontrplakların mekanik özellikleri incelendiğinde ise, karaçam kontrplaklarının çekme-makaslama direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri, ladinde daha yüksek bulunmuştur.

3.2. Kontrplak-Yalıtım Malzemelerinin Isıl İletkenlik Katsayılarına Ait Bulgular

Perde duvarlar üretilirken kullanılacak hem kontrplakların hem de yalıtım malzemelerinin (EPS ve XPS), oluşturulan gruplara göre kombinasyonu sağlanarak ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir. Ağaç türü, lif yönü ve yalıtım malzemesinin türüne göre oluşturulan ölçüm gruplarının sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Varyans kaynak ortalamalarının karşılaştırılması amacıyla yapılan Newman-Keuls testi sonuçları ise Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 9. Oluşturulan ısı iletkenlik katsayı gruplarının ortalama değerleri

Ağaç Türü	Lif Yönü	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK)	
		XPS	EPS
Karaçam	Paralel	0.05130	0.06797
	Dik	0.05123	0.06330
Ladin	Paralel	0.04674	0.06529
	Dik	0.04671	0.06554

Tablo 10. Oluşturulan grupların ısı iletkenlik değerleri üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları ($p \leq 0.05$)

Varyans Kaynakları	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK)
Ağaç Türü	
Karaçam	0.05845 b
Ladin	0.05607 a
Lif Yönü	
Dik	0.05670 a
Paralel	0.05783 b
Yalıtım Malzemesi	
EPS	0.06553 b
XPS	0.04900 a

Tablo 9 incelendiğinde, perde duvar gruplarına dayanarak oluşturulmuş grupların ısı iletkenlik değerlerine; ağaç türü, lif yönü ve yalıtım malzemesinin türünün etkili olduğu görülmüştür. Ağaç türü olarak karaçamın, ladin kontrplaklara göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayı değerleri verdiği görülmüştür. Lif yönleri incelendiğinde, cihaza göre lifleri paralel olarak ölçüm yapılan grupların, dik olarak yerleştirenlere göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayı değerleri verdiği belirlenmiştir. Yalıtım malzemelerinin, perde duvarlardaki konumuna göre ısı iletkenlik cihazında yerleştirildiği gruplarda ise, EPS türünün, XPS türüne göre daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir.

3.3. Perde Duvarlar Üzerinde Gerçekleştirilen Deneylere Ait Bulgular

ASTM E 72 standardına göre yapılan yanal yük deneyinde, perde duvar öncelikle 354 kN'lık bir kuvvetle itilmekte, yer değiştirmeler elde edilmekte ve yük boşaltılmaktadır. Ardından, yük 712 kN'a çıkartılmakta ve yer değiştirmeleri tekrar ölçülerek yük

boşaltılmaktadır. Üçüncü aşamada ise, 1071 kN'lık yükleme sonrasında meydana gelen yer değiştirmeler değerlendirilmekte olup, son aşamada perde duvarın maksimum yük taşıma kapasitesi elde edilmiştir. 16 adet perde duvar sisteminin her biri için, uygulanan testler esnasında düğüm noktalarına göre elde edilen yer değiştirme değerleri aşağıdaki tablolarda farklı yük durumları için sunulmuştur.

Tablo 11. 1. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 1	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.53	0.43	0.12	0.00	4.00
712	-0.96	2.21	1.55	2.45	16.00
1071	-1.02	3.03	2.12	4.21	19.97
Maksimum Yük	34.50				

Tablo 12. 2. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 2	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.66	0.12	0.00	-0.01	4.01
712	-1.30	0.86	0.00	2.17	9.00
1071	-2.08	1.85	0.85	5.57	15.51
Maksimum Yük	34.17				

Tablo 13. 3. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 3	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.79	0.49	0.00	0.00	5.50
712	-1.78	1.90	0.47	3.38	7.50
1071	-1.78	1.91	0.50	3.39	14.50
Maksimum Yük	43.05				

Tablo 14. 4. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 4	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-1.09	0.77	0.16	0.31	5.00
712	-1.73	1.66	0.95	2.44	10.00
1071	-2.16	2.37	1.53	4.09	14.00
Maksimum Yük	35.38				

Tablo 15. 5. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 5	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.38	0.85	-0.01	1.42	6.50
712	-0.47	1.20	-0.01	2.81	11.00
1071	-0.58	2.10	0.01	6.88	18.00
Maksimum Yük	28.32				

Tablo 16. 6. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 6	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.36	1.17	0.01	1.84	4.51
712	-0.52	2.77	0.23	6.73	14.50
1071	-0.65	3.99	0.66	11.70	21.50
Maksimum Yük	31.18				

Tablo 17. 7. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 7	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.33	0.45	0.01	0.80	5.50
712	-0.66	1.08	0.00	3.14	9.50
1071	-0.99	2.53	0.01	8.52	18.00
Maksimum Yük	34.07				

Tablo 18. 8. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 8	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.84	1.11	0.27	0.28	1.50
712	-1.40	2.39	0.74	3.98	5.50
1071	-2.77	6.25	2.61	17.64	13.01
Maksimum Yük	36.34				

Tablo 19. 9. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 9	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.28	0.82	0.00	0.30	3.01
712	-1.04	1.87	0.01	2.68	9.50
1071	-1.42	2.96	0.42	5.58	15.00
Maksimum Yük	37.09				

Tablo 20. 10. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 10	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.50	0.16	0.12	0.00	3.01
712	-1.30	1.03	0.55	1.54	11.50
1071	-2.26	2.17	1.45	5.57	19.00
Maksimum Yük	34.13				

Tablo 21. 11. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 11	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.71	1.22	0.29	0.25	5.00
712	-1.31	2.10	0.74	2.60	11.50
1071	-1.75	3.15	1.31	5.44	16.50
Maksimum Yük	35.56				

Tablo 22. 12. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 12	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.72	1.67	0.31	2.98	10.50
712	-0.81	2.53	0.77	5.57	15.49
1071	-0.87	3.57	1.39	8.54	20.99
Maksimum Yük	34.77				

Tablo 23. 13. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 13	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.91	1.10	0.00	2.22	9.50
712	-1.77	2.20	0.01	8.59	18.50
1071	-2.39	3.07	0.73	15.47	27.00
Maksimum Yük	18.05				

Tablo 24. 14. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 14	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
354	-0.63	1.49	0.22	1.39	6.00
712	-0.79	1.83	0.36	2.76	9.01
1071	-1.50	3.37	1.01	10.59	23.00
Maksimum Yük	30.09				

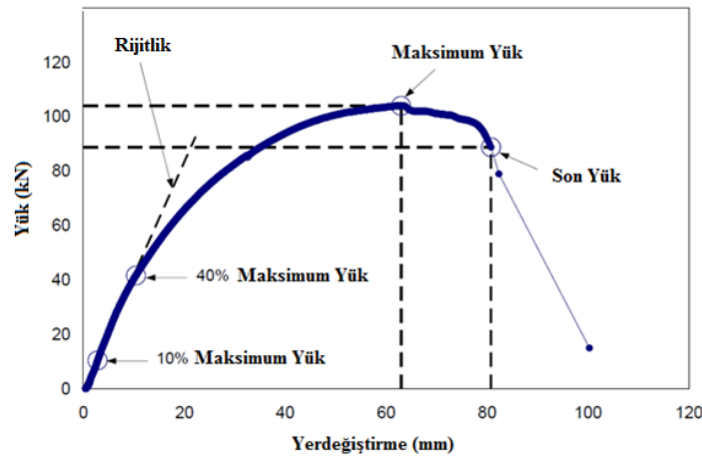
Tablo 25. 15. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 15	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	1	2	3	4	5
354	-0.38	0.43	0.12	1.42	4.01
712	-1.73	1.20	-0.01	2.44	11.25
1071	-2.16	2.10	0.01	4.09	14.56
Maksimum Yük	26.80				

Tablo 26. 16. Perde duvarın analizlerine ait sonuçlar

Duvar 16	Düğüm Noktaları (mm)				
Yük Durumları (kN)	1	2	3	4	5
354	-0.16	0.28	0.00	0.00	4.50
712	-0.93	1.71	0.00	2.20	12.50
1071	-1.04	2.10	0.00	3.81	15.00
Maksimum Yük	34.87				

Yapılan test sonucunda her bir perde duvar grubu için elde edilen veriler incelenerek bütün duvar gruplarını temsil edebilecek yük-yer değiştirme eğrileri elde edilmiş, her bir gruba ait maksimum yük ve bu yükteki yer değiştirme miktarlarını ifade edebilecek bir grafik oluşturulmuştur (Şekil 21). Oluşturulan bu grafikten faydalanarak çalışma kapsamında kullanılan perde duvarlara uygulanan yük altında gösterdiği davranışlar sayısal veriler olarak tartışma kısmında irdelenmiştir.



Şekil 21. Duvarlara ait tipik yük-deformasyon eğrisi

Grafik yardımı ile aşağıdaki özellikler de belirlenmiştir:

- Rijitlik: Max yükün %10-40'ı arasında bulunan eğrinin eğimi ile hesaplanmaktadır.
- Son Yük (Ultimate Load): Max yükün %80'idir.
- Son Yükteki Yerdeğiştirme: Son yükteki yer değiştirme miktarıdır.

Kontrplaklar ve yalıtım malzemeleriyle kaplanarak üretilen perde duvarların taşıyabildiği maksimum yük ile son yükteki yer değiştirmelerinin üzerine etkileri araştırılan; ağaç türü, kontrplak lif yönü, bağlantı elemanı çeşidi ve yalıtım malzemesinin türünün istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Student–Newman–Keuls sonuçları Tablo 27-28'de verilmiştir.

Tablo 27. Perde duvarların taşıyabildikleri maksimum yük üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları ($p \leq 0.05$)

Varyans Kaynakları	Maksimum Yük (kN)
Ağaç Türü	
Karaçam	34.63 b
Ladin	31.42 a
Lif Yönü	
Dik	36.08 b
Paralel	29.97 a
Bağlantı Elemanı Türü	
6d	30.94 a
8d	35.11 b
Yalıtım Malzemesi	
EPS	32.18 a
XPS	33.87 a

Tablo 28. Perde duvarların ulaşabildikleri son yerdeğiştirme miktarı üzerine etkileri araştırılan varyans kaynakları ortalamalarının Newman-Keuls testi sonuçları ($p \leq 0.05$)

Varyans Kaynakları	Son Yükteki Yerdeğiştirme (mm)
Ağaç Türü	
Karaçam	138.96 b
Ladin	93.81 a
Lif Yönü	
Dik	111.09 a
Paralel	121.68 b
Bağlantı Elemanı Türü	
6d	116.92 a
8d	115.85 a
Yalıtım Malzemesi	
EPS	120.36 b
XPS	112.41 a

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, ağaç türü olarak karaçam ile kaplanmış perde duvarların taşıyabilecekleri maksimum yük ve son yükteki yer değiştirme miktarları ladin kontrplak kaplı perde duvarlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Duvarların üretilmesindeki kontrplakların lif yönünün değiştirilmesinin etkisi incelendiğinde; maksimum yükün dik yerleştirilen duvarlarda daha yüksek olduğu, son yükteki yer değiştirmenin ise paralel yerleştirilenlerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

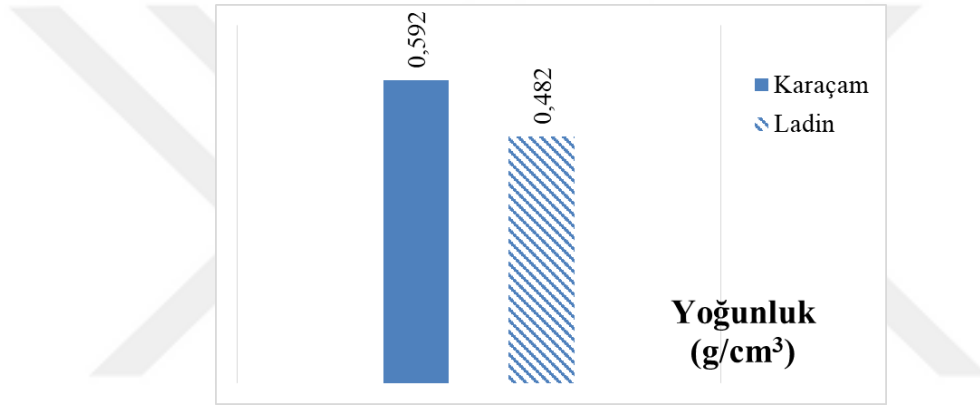
Perde duvarlarının üretiminde kullanılan bağlantı elemanı türlerinin yapısal performans üzerine etkileri incelendiğinde, 8d ile üretilmiş perde duvarların 6d ile üretilenlere göre daha fazla yük taşıyabildikleri bulunmuştur.

4. TARTIŞMA

4.1. Perde Duvarların Kaplanmasında Kullanılan Kontrplakların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

4.1.1. Yoğunluk

Üretilen kontrplak levhalarının yoğunluk değerleri ağaç türüne göre Şekil 22’ de verilmiştir.



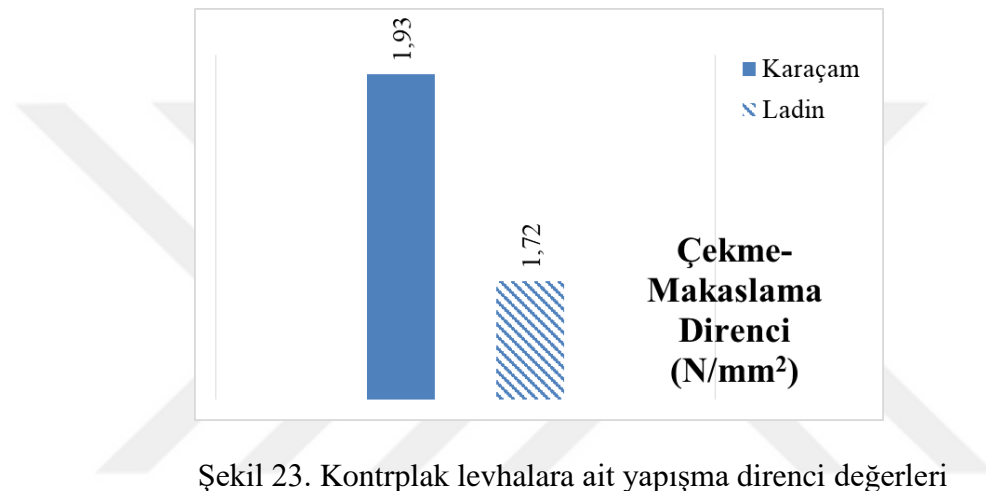
Şekil 22.Kontrplak levhalara ait yoğunluk değerleri

Karaçam kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunluğu, ladin kontrplaklarından daha yüksek belirlenmiştir. Demirkır, kontrplağın yoğunluğu üzerine öncelikli etkinin ağaç türü olduğunu ifade etmiştir (Demirkır, 2012). Literatürde, karaçam ve ladin odunlarına ait yoğunluk değerleri sırasıyla 0.50 g/cm^3 ve 0.43 g/cm^3 olarak verilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1992). Odunun yoğunluğu kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen en önemli özelliklerinden biridir. Literatürde yoğunluk değerleri yüksek olan odun kaplamalarından üretilen kontrplakların yüksek mekanik özellik gösterdiği belirtilmektedir (Demir, 2019; Bal ve Bektaş, 2013). Kanada Kontrplak Tasarım Esaslarında, kontrplak üretimi için iğne yapraklı ağaç yoğunluğu 0.45 g/cm^3 olarak belirtilmiştir (Canply, 2002). Çam kontrplak yoğunluğu Avustralya Ahşap Mühendislik Ürünleri Kurumu tarafından yayınlanan yapısal kontrplak ve LVL Tasarım kitapçığında $0.50\text{-}0.65 \text{ gr/cm}^3$ değerleri arasında olduğu ifade edilmektedir (EWPA, 2010).

Çalışma kapsamında üretilen karaçam ve ladin kontrplakların yoğunluk değerlerinin literatürde 0.59 g/cm^3 - 0.482 g/cm^3 belirtilen bu sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Yapışma Direnci (Çekme-Makaslama Direnci)

Üretilen kontrplak levhalara ait çekme-makaslama direnci değerleri ağaç türüne göre Şekil 23' de verilmiştir.



Şekil 23. Kontrplak levhalara ait yapışma direnci değerleri

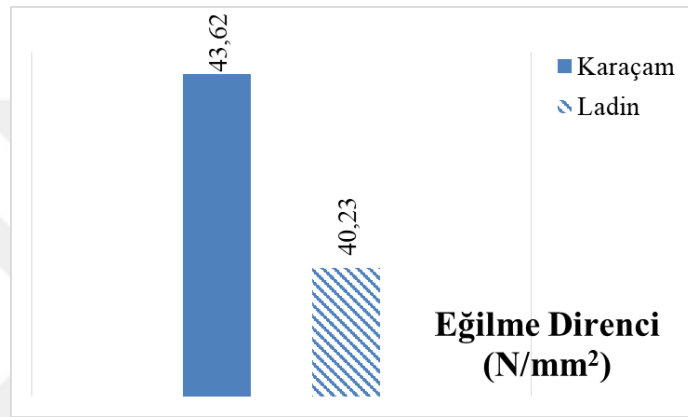
Karaçam kaplamalardan üretilen kontrplakların yapışma (çekme-makaslama) direnci değerlerinin, ladin kontrplaklarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Literatürde odunun yoğunluk artışına bağlı olarak çekme-makaslama (yapışma) direnci özelliklerinin de iyileşme gösterdiği bilinmektedir (Aydın, 2004; Örs vd., 2002). Kontrplak özgül ağırlığındaki meydana gelen değişimler, odunun özgül ağırlığı ile doğrusal değişim göstermekte ve yüksek levha yoğunluğuna sahip kontrplakların, yüksek çekme-makaslama direnci gösterdiği bilinmektedir (He vd., 2007). Yoğunluğu yüksek ağaç cinsleri kullanılarak üretilen kontrplak levhaların yapışma direncinin ve diğer direnç özelliklerinin de yüksek sonuç vereceği literatürde belirtilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1992). Belirtilen bu ifadelerle göre, karaçam kontrplaklarının yoğunluk değerleri ladin kontrplaklarına göre biraz daha yüksek bulunduğu için karaçam kontrplaklarının yapışma direncinin daha iyi sonuç vermesi beklenen bir durumdur.

Bu çalışmada elde edilen kontrplaklara ait yapışma direnci değerleri, ilgili standartlarda istenen minimum 1 N/mm^2 değerini geçtiği tespit edilmiştir (TS EN 314-1, 1998; DIN 68705-

3, 2003). Kontrplak levhalarının standart değerlere uygun yapışma direnci sonuçlarını sağladığı görülmüştür.

4.1.2. Eğilme Direnci

Üretilen kontrplak levhalara ait eğilme direnci değerleri ağaç türüne göre Şekil 24' de verilmiştir.



Şekil 24. Kontrplak levhalara ait eğilme direnci değerleri

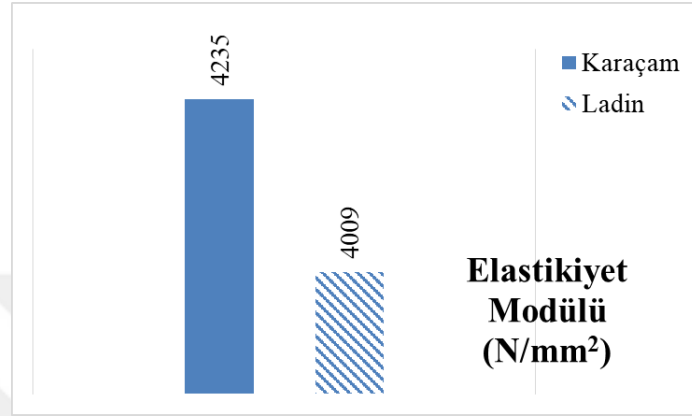
Karaçam kaplamalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci değerlerinin, ladin kontrplaklarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Literatürde kontrplakların eğilme dirençleri üzerine yapılan çalışmaların sonucunda özellikle ağaç türünün bu direnç değerleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirtilmiştir (Toksoy vd., 2006; Aydın vd., 2006; Aydın ve Çolakoğlu, 2008).

Kontrplakların çekme-makaslama direncinin karaçamda yüksek olması, eğilme direncinin de yüksek olmasına sebep olarak gösterilebilir. Literatürde çekme-makaslama direnci değerlerinin yüksek olduğu levhalardan elde edilen numunelerin eğilme direnci değerlerinin de yüksek olacağı belirtilmektedir (Demirkır, 2012; Aydın ve Demirkır, 2010; Aydın, 2004; Çolakoğlu, 2004).

Bu çalışmada elde edilen kontrplaklara ait eğilme direnci değerleri, ilgili standartlarda yapısal maksatlı kullanılacak kontrplaklar için istenen minimum 40 N/mm² değerini geçtiği tespit edilmiştir (DIN 68705-3, 2003). Bununla birlikte üretilen tüm gruplar Japon standartlarına göre minimum 27.4 N/mm² değerini de geçmiştir (Nanami vd., 2000).

4.1.4. Elastikiyet Modülü

Üretilen kontrplak levhalara ait elastikiyet modülü değerleri ağaç türüne göre Şekil 25’ de verilmiştir.



Şekil 25. Kontrplak levhalara ait elastikiyet modülü değerleri

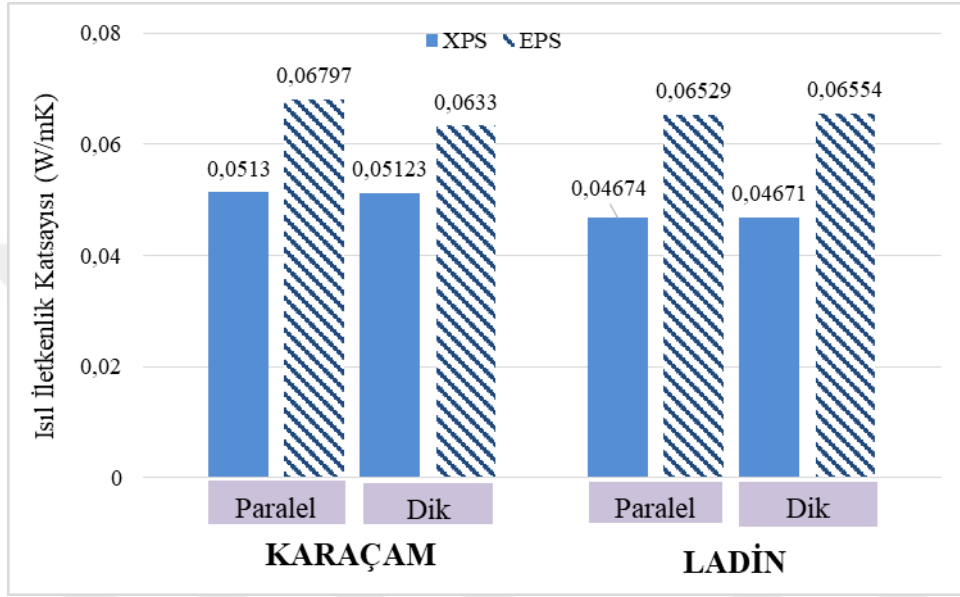
Karaçam kaplamalardan üretilen kontrplakların elastikiyet modülü değerlerinin, ladin kontrplaklarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Halligan ve Schiewind (1974) tarafından yapılan bir çalışmada, eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişiklikler, levhanın eğilme direnci değerlerindeki değişimlere orantılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bu nedenle eğilme direncinde karaçam kontrplaklarının yüksek sonuç vermesine bağlı olarak elastikiyet modülünde de karaçam kontrplak levhalarının yüksek değerler vermesi beklenen bir durumdur.

APA yapısal amaçlı değerlendirilecek kontrplakların çatı ve zemin gibi alanlarda kullanılabilmesi için sahip olması gereken direnç değerlerinin elastikiyet modülü testi süresince belirlenebildiğini ifade etmektedir. Elastikiyet modülü testi sırasında 89 kg/cm²'lik yük altında gerçekleşen eğilme miktarlarındaki değişimler; çatıda kullanılacak kontrplaklar için 11.1-12.7 mm arasında, döşeme altı kullanılacak kontrplaklar için 4.8-8 mm arasında, tek katlar için ise 2-3.4 arasında olmalıdır (APA, 2007).

Üretilen kontrplaklara ait elastikiyet modülü değerlerinin TS 4645 EN 636 (2005) standardında yapılan sınıflandırmaya göre; E40 (4000 N/mm²) alt sınır değerini aştığı tespit edilmiştir.

4.2. Kontrplak-Yalıtım Malzemelerinin Isıl İletkenlik Katsayıları

Çalışma kapsamında perde duvar tasarımında kullanılan kontrplak-yalıtım malzemesi kombinasyonlarının ısı iletkenlik katsayı değeri, ağaç türü, lif yönü ve yalıtım malzemelerinin türüne göre Şekil 26' da verilmiştir.



Şekil 26. Kombinasyon gruplarına göre ısı iletkenlik katsayıları

Şekil 26 incelendiğinde yalıtkan malzeme türü ve kontrplakların ağaç türü ve lif yönünün, oluşturulan grupların ısı iletkenliklerinin değiştirdiği görülmektedir. Ağaç türü incelendiğinde, perde duvarların ladin kontrplaklarla kaplamının, karaçam ile kaplamaya göre daha iyi bir yalıtım özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Karaçamın daha yüksek ısı iletkenlik değerler vermesinin nedeni olarak, yoğunluğunun ladin kontrplaklara göre daha yüksek olması gösterilebilir. Yapılan bir araştırmada farklı özgül ağırlığa sahip çam türleri incelenmiş ve yoğunluk değerinin artması ile birlikte ısı iletim katsayısının da artış gösterdiği tespit edilmiştir (Krüger ve Adiazola, 2010). Odunun yoğunluk artışına bağlı olarak ısı iletim katsayısındaki artışın meydana gelmesinin nedeni olarak hava ile dolu hücre boşluklarının az olması gösterilmektedir (Suleiman vd., 1999). Odunun içerisindeki hava boşluğu ne kadar fazla ise ağaç malzemenin ısı iletkenliği düşmektedir (Şahin Kol vd., 2008). Ağaç malzemenin ısı iletkenlik değeri; malzemenin özgül ağırlığına, rutubet miktarına, ekstraktif madde miktarı ve sıcaklık miktarına bağlı olarak doğru orantılı bir şekilde değiştiği literatürde de belirtilmektedir (Rice ve Shepart, 2004; Aytaşkın, 2009; Sonderegger ve Niemz, 2009;

Demir, 2014). Ayrıca, ağaç malzemenin ısı iletkenlik özelliği ağaç türüne, aynı ağaçtaki lif yönlerine ve ağacın anatomik yapısına bağlı olarak da değişim göstermektedir (Demir, 2014).

Ahşap malzeme ortotropik özelliği sayesinde genleşme (ısı etkisi ile genleşip soğuması) durumunda malzemenin tüm yönlerinde farklılıklar göstermektedir. Bu ısı genleşme durumu yapısal maksatlı kullanılacak ahşap malzemelerde genellikle herhangi bir sorun teşkil etmemektedir (Gürel, 2018).

Odunun ana maddesini oluşturan selüloz ısıyı geçirmez fakat buna rağmen, ahşap malzemenin ısı iletkenliği içeriğindeki nem miktarına, ağaç türüne ve lif yönlerine göre değişimler göstermektedir (Şenkal, 1996). Oluşturulan grupların ısı iletkenlikleri üzerine lif yönünün etkisi incelendiğinde, cihaza göre lif yönü dik olan kontrplak-yalıtım malzemesi gruplarının, paralel olarak ölçülenlere göre daha yalıtkan özellik kazandırdığı belirlenmiştir. Lifleri paralel olarak ölçülen grupların ısı iletkenliklerinin daha yüksek olması, ısı akış yönüyle, liflerin aynı yönde olmasıyla açıklanabilir. Bu sayede, ısı daha az engele takılarak doğrudan enerji kaybetmeden iletilmektedir.

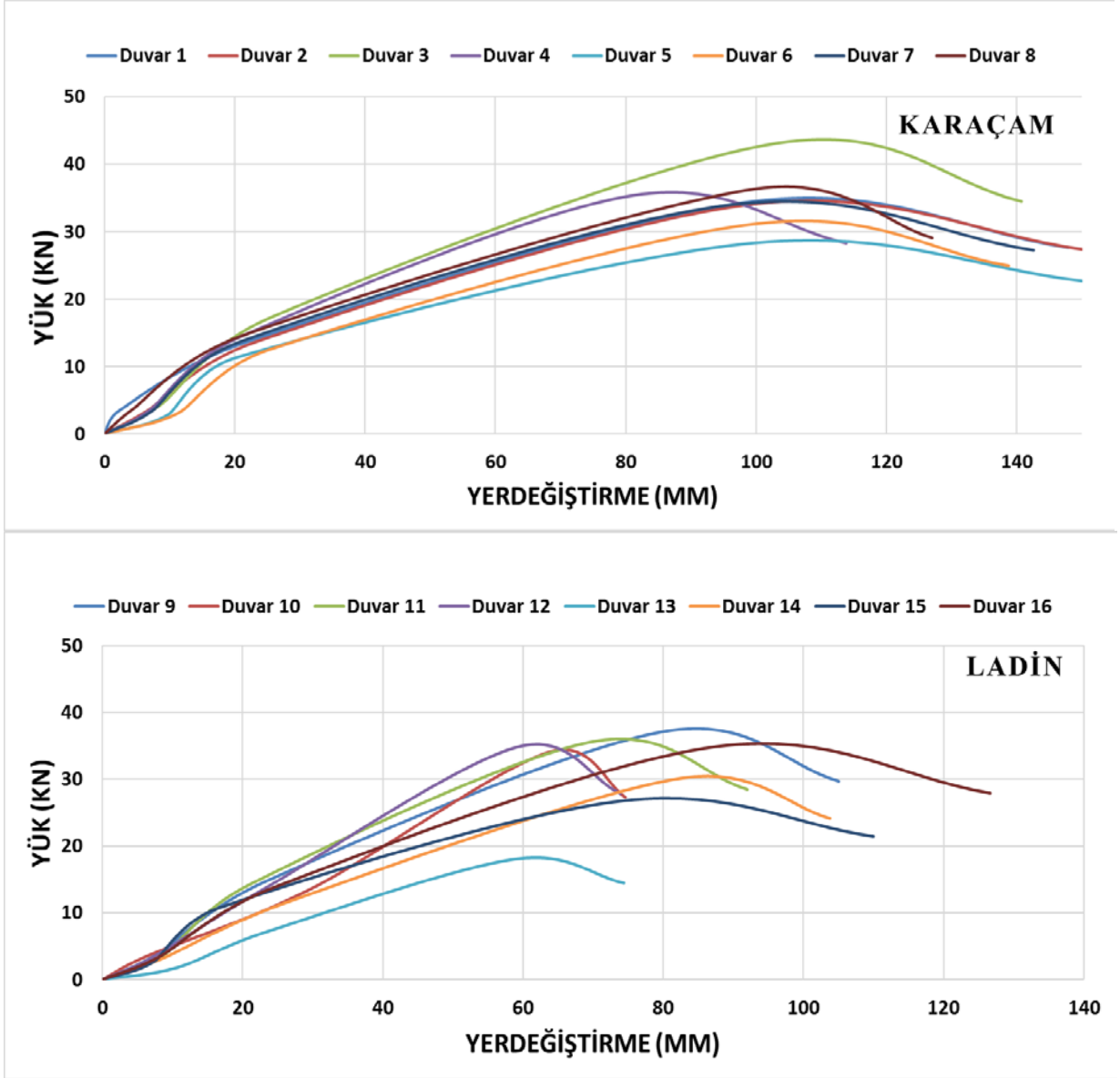
Malzemelerin ısı iletkenliklerinin, yoğunluk ve rutubet dışında, lif yönü, ilkbahar ve yaz odunu oranları, sıcaklığı, ısı akış yönü ile de bir ilişkisi olduğu ifade edilmektedir (Suleiman ve ark., 1999; Bader ve ark., 2007). Liflere paralel yöndeki ısı iletkenliğinin, liflere dik yönden yaklaşık 1.5-2.8 kat fazla olduğu literatürde belirtilmektedir (Demir, 2014). Aytaşkın (2009-12), ahşap malzemenin boşluklu yapıya sahip olmasından dolayı ısı yalıtım özelliğinin diğer pek çok malzemeye kıyasla yüksek olduğunun ve ısı iletkenliğinin düşük olması sebebiyle de doğal bir ısı yalıtım malzemesi olarak kullanıldığını ifade etmektedir (Aytin vd., 2016).

Isıl iletkenlik ölçümlerinde kullanılan yalıtım malzemelerinin türünün etkisi incelendiğinde, XPS levhalarının daha yalıtkan bir özellik gösterdiği görülmüştür. Yanmaya karşı dirençli olan XPS levhalarının ısıyı daha zor iletmesi ve bu sayede oluşabilecek yangın riskini en aza indirmesi istenilen bir sonuçtur. Uygunoğlu vd. (2015) tarafından yapılan XPS ve EPS türlerinin yangın sırasındaki davranışlarını belirleyen çalışmasında, XPS levhalarının diğer EPS türlerine göre daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Dikici ve Kocagül (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, EPS ve XPS levhaları ısı iletkenlik katsayıları karşılaştırılmış ve XPS levhalarının değerlerinin daha düşük bulunduğu ifade edilmiştir. Tez kapsamında yapılan çalışmada kullanılan XPS levhalarının ısı iletkenlik katsayısı 0.033 W/mK, EPS levhalarının ise 0.039 W/mK olduğu bilinmektedir. Yapıların ısı yalıtımlarının

iyileştirilmesinin istendiği çalışmalarda ısıl iletkenlik katsayısı değerlerinin dűřük olduğu malzemelerin kullanılması önerilmektedir.

4.3. Perde Duvarlar zerinde Gerçekleştirilen Deneyler

ASTM E 72 (2014) standardı dođrultusunda yapılan testler sonucunda her bir duvar grubu için elde edilen grafikler incelenerek o grubu temsil edebilecek yük-yer deđerirme eđrileri belirlenmiřtir. Daha sonra elde edilen veriler, her bir gruba ait maksimum yük ve bu yükteki yer deđerirmeyi ifade edecek řekilde ađaç türüne göre grafiđe dnűřtrlműřtir (řekil 27). Bu grafik yardımı ile, perde duvarın uygulanan yük altında gösterdiđi davranıřlar sayısal veriler olarak Tablo 29' da verilmektedir.



Şekil 27. Duvarlara ait yük-deformasyon eğrileri

Tablo 29. Duvarlara ait analiz sonuçları özeti

Duvar No	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme (mm)	Son Yük (kN)	Son Yükteki Yerdeğiştirme (mm)	Rijitlik (kN/mm)
1	34.50	99.98	27.60	147.94	0.52
2	34.17	99.99	27.33	150.43	0.61
3	43.05	103.14	34.44	140.79	0.77
4	35.38	80.94	28.30	113.81	0.80
5	28.32	99.82	22.65	150.21	0.81
6	31.18	100.00	24.95	138.8	0.68
7	34.07	96.58	27.25	142.65	0.77
8	36.34	99.99	29.07	127.01	0.65
9	37.09	79.99	29.67	104.98	0.70
10	34.13	63.89	27.30	64.91	0.43
11	35.56	69.70	28.44	91.99	0.86
12	34.77	59.15	27.81	73.86	1.27
13	18.05	58.89	14.44	74.36	0.42
14	30.09	82.57	24.07	103.75	0.47
15	26.80	74.45	21.44	109.97	0.87
16	34.87	87.51	27.90	126.69	0.63

Rijitlik, yapının yükler altında sabit kalma özelliği olarak tanımlanırken, yapıda dayanıklılığa etki eden en önemli faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Huang (2013), perde duvardaki kuvvetin tahmin edilmesinde rijitliğin bilinmesinin önemli olduğunu ifade etmiştir. Tablo 29’da verilen sonuçlara göre, Duvar 12 (lifleri dik ladin kontrplaklarla ve XPS levhalarla kaplanmış 8d çivilerle üretilmiş perde duvar) en yüksek rijitlik değerini veren grup olmuştur. Demir (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, benzer standartla testi yapılan perde duvarların rijitlik değerleri 0.49-1.81 kN/mm arasında bulunmuştur. Xiao vd. (2015) tarafından bambu kontrplaklarla kaplanan perde duvarlara yapılan benzer testlerin sonucunda ise rijitlik değerleri; 0.89-1.09 kN/mm arasında bulunmuştur. Kanada yumuşak ağaçlı kontrplaklarının kullanıldığı perde duvar analizlerinde de rijitlik değerleri 0.61-1.48 kN/mm arasında bulunmuştur. Literatürde bulunan bu aralıklar ile bu çalışmada elde edilen rijitlik değerleri aralığı (0.42-1.27 kN/mm) benzerlik göstermektedir.

Süneklik, yapının bir yükün etkisi ile şekil değiştirme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Sünekliği en güzel açıklayacak kavram, son yükteki yerdeğiştirmedir. Bu sonuç, duvarın taşıyabileceği son yüke kadar ne kadar yer değiştirebileceğini göstermektedir. Buna göre Tablo 29’da, en yüksek sünek davranışı gösteren duvarlar; Duvar 2 (lifleri dik

karaçam kontrplaklarla ve XPS levhalarla kaplanmış 6d çivilerle üretilmiş perde duvar) ve Duvar 5 (lifleri paralel karaçam kontrplaklarla ve EPS levhalarla kaplanmış 6d çivilerle üretilmiş perde duvar) olmuştur. Yapılan benzer bir çalışmada, perde duvarların son yükteki yer değiştirme miktarı, 105 mm kadar ulaşmıştır (Demir, 2019). Ayrıca, Xiao vd. (2015), bambudan üretilen perde duvarların 160 mm'e kadar yerdeğiştirebildiğini bulmuştur. Kullanım yerine ve şartlarına göre tercih edilecek duvarların yeterli rijitlik ve süneklik özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Bir perde duvarın kuvvetini belirlemek için oluşturulan perde duvar çerçeve sisteminin esnek veya katı olarak sınıflandırılması yaygın bir yöntem olarak tercih edilmektedir (Huang, 2013).

Literatürde, kaplanmış perde duvarların yük taşıma kapasitelerinin üzerinde kaplama materyalinin ve bağlantı elemanlarının etkisinin önemli olduğu belirtilmiştir (Li vd., 2007). Demirkır vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmanın sonucunda, perde duvar kaplaması olarak kullanılan kontrplakların üretildiği ağaç türünün, hem maksimum yükte hem de son yükteki yer değiştirme miktarında oldukça etkili olduğu bulunmuştur. Karaçam kontrplakların mekanik özelliklerinin ladine göre daha iyi olması da bu sonucu doğuran bir sebeptir. Karaçam ve ladin kontrplaklar ile ilgili benzer sonuçlar Demir (2019) tarafından yapılan çalışmada da bulunmuştur. Tablo 27 ve Tablo 28 incelendiğinde; karaçam kontrplakları ile kaplanmış perde duvarların taşıyabilecekleri maksimum yük ve son yükteki yer değiştirme miktarları, ladin kontrplakları ile kaplanmış perde duvarlara kıyasla daha yüksek bulunmasını beklenen bir sonuçtur.

Çalışma kapsamında lif yönünün perde duvar yapısal davranışı üzerine anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür. Lif yönlerinin perde duvarlara etkilerinin incelediği birkaç çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Demir, 2019; Kho, 2018; Han vd., 2018). Lifleri dik olarak konumlandırılmış kontrplaklarla kaplanan perde duvarların, yarıma eğilimi nedeniyle daha düşük yerdeğiştirme değerleri verdiği ve paralel konumlananlara göre %12-45 daha düşük süneklik gösterdiği tespit edilmiştir (Kho, 2018). Tablo 27 ve Tablo 28 incelendiğinde; lif yönüne göre maksimum yükün dik yerleştirilen duvarlarda daha yüksek olduğu, son yükteki yer değiştirmenin ise paralel yerleştirilenlerde daha fazla olduğu bulunmuştur. Buna göre lif yönünün duvarlara etkisi üzerine literatürde verilen bilgiler ile paralellik sağlandığı tespit edilmiştir.

Tablo 27 ve Tablo 28 incelendiğinde; perde duvarlarının üretiminde kullanılan bağlantı elemanı türlerinde 8d kullanılan duvarların, 6d ile üretilenlere göre daha fazla yük taşıyabildikleri tespit edilmiştir. 6d ve 8d çivilerin kullanılmasının duvarların son yükteki

yerdeğiştirme miktarı değerlerinde istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Shadravan vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, perde duvarların kaplanması kullanılan bağlantı eleman türlerinin, duvar yük taşıma kapasitelerini nasıl etkilediği araştırılmıştır ve analizler sonucunda, 8d çivilerin kullanılması, 6d çivilerin kullanılmasına göre %13.2 oranında yük taşıma kapasitesinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Kho vd. (2018) benzer bir çalışmada, çivi boyutlarının artmasına bağlı olarak perde duvarların yük taşıma kapasitelerinde %10-24 oranında artış olduğu bulunmuştur. Ebatları büyük olan bağlantı elemanlarının, kontrplak gibi kaplama elemanlarıyla perde duvar iskeletinin daha iyi kaplanmasına fayda sağlayacağı ve bu sayede yük taşıma kapasitelerini arttıracığı düşünülmektedir.

Perde duvarların kontrplaklar ile kaplanmasında kullanılan yalıtım malzemesinin etkileri incelendiğinde ise, duvarların taşıyabildikleri yük miktarlarına hem EPS hem de XPS levhalarının etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak, EPS levhaların perde duvarlara daha fazla yerdeğiştirme imkânı sağladığı tespit edilmiştir. EPS levhaların bükülebilme ve eğilme dayanımı sağladığı, XPS levhalarda ise eğilme ve bükülme dayanımının olmadığı eğilmeye karşı mukavemet gösteremeyerek, kırılıp, parçalandığı ifade edilmektedir (URL-5, 2020). EPS levhaların bu çalışmada, daha fazla yerdeğiştirmeye imkân sağlamanın sebebinin bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. Perde Duvarların Yük Altındaki Deformasyonları

ASTM E 72 standardına göre analizi yapılan duvarlar uygulanan kuvvet altında çeşitli deformasyonlar göstermektedir.

Bağlantı elemanlarında meydana gelen deformasyonlar incelendiğinde genellikle perde duvar iskelesinin alt kiriş elemanında, öndeki L dirseklerde ve kontrplak levhalarının birleşme noktalarında olduğu görülmüştür. Tüm gruplarda, en sık görülen deformasyon, iskeletteki alt kiriş elemanının, yük ve L dirsek etkisiyle çerçeveden ayrılmasıdır. Yükün itme etkisine dayanamayıp, bağlantı elemanlarının kusuru veya kerestedeki kusurlar özellikle bu deformasyonun artmasına neden olmuştur. Dik olarak yerleştirilen perde duvarlarda ise, paralel üretilen duvarlar kadar olmasada, yine kontrplakların bağlantı yerlerinde az da olsa kaymalar meydana geldiği görülmüştür.

8d çiviler ile üretilmiş perde duvarların kaplama materyalleri, 6d ile üretilenlere göre daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. 6d ile üretilen duvarlarda özellikle paralel yerleştirilen

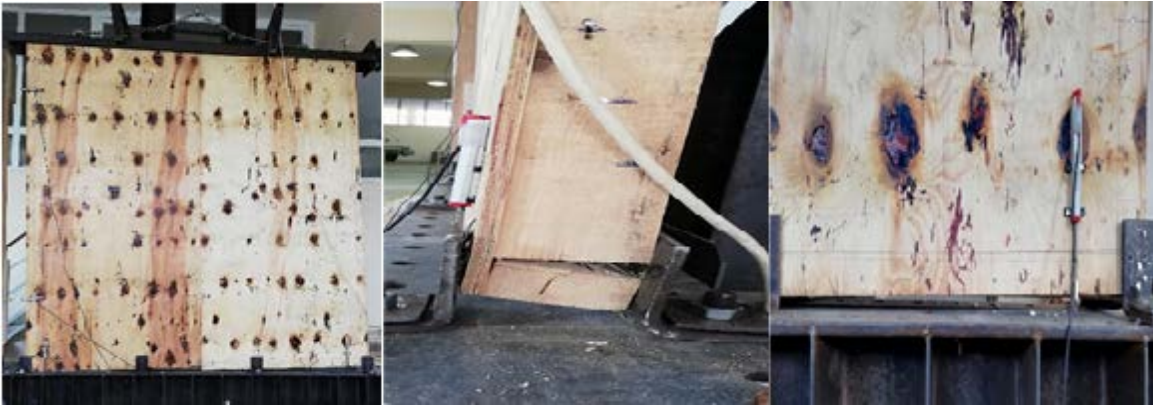
grupların daha düşük dayanım gösterdiği belirlenmiştir. Ebatları daha küçük olan 6d çivilerin kontrplakları ezerek, kırarak veya kendisinin kırılmasıyla kontrplak ve çerçeve bağlantısını başarısızlığa uğrattığı görülmüştür. Perde duvar bağlantı elemanlarında meydana gelen, L dirsek ve çivilerin ayrılmasına ait deformasyonlar Şekil 28-35 arasında verilmiştir.



Şekil 28. 1. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 29. 2. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 30. 3. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 31. 4. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 32. 8. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 33. 9. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 34. 12. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 35. 15. Duvarda oluşan hasar görünümleri

ASTM E 72 standardına göre analizi yapılan duvarlarda kalıcı hasar görülmemiştir.

Perde duvar üzerinde oluşan deformasyonlar incelendiğinde uygulanan kuvvetin etkisiyle duvarların yer değiştirmesi, burulması ve kırılmaların meydana geldiği görülmektedir. Duvarlarda meydana gelen deformasyonlar ağaç türü açısından incelendiğinde, önemli bir fark bulunmamıştır.

Liflere paralel olarak kontrplakların yerleştirildiği perde duvarlarda en sık görülen başarısızlık, üstteki kontrplak levhanın alt levhaya göre yükün etkisiyle aradaki bağlantılarından kurtularak daha fazla yer değiştirmesidir. Paralel olarak oluşturulan tüm gruplarda bu durum gözlenmiştir. Bağlantı elemanlarından kurtulamayan bazı levhalar, arkasında bulunan kereste iskeletini de deforme ederek çarpılmasına neden olmuştur. Yük altındayken perde duvarlarda burulma gözlenmiştir. Ancak, bu deformasyona rağmen duvarın tamamen hasar görmeden uzun süre yer değiştirebilmiştir.

XPS levhalarının kullanıldığı perde duvar gruplarında, yükün etkisiyle meydana gelen yer değiştirmeye bağlı olarak XPS'lerin kırıldığı görülmüştür. Ancak, EPS levhaları perde duvarda görülen burulmaya rağmen duvar gibi sünek özellik göstererek deformasyona uğradığı ve bu sayede yer değiştirmeyi engellemeyip, hatta katkı sağladığı tespit edilmiştir. Perde duvarların kuvvet etkisi ile yer değiştirmesi, dönmesi ve duvar üzerindeki çatlamalara ait deformasyonlar Şekil 36-43 arasında verilmiştir.



Şekil 36. 5. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 37. 6. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 38. 7. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 39. 10. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 40. 11. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 41. 13. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 42. 14. Duvarda oluşan hasar görünümleri



Şekil 43. 16. Duvarda oluşan hasar görünümleri

5. SONUÇLAR

5.1. Kontrplaklara Ait Fiziksel ve Mekanik Özellikler

1. Kontrplakların fiziksel özelliklerinden yoğunluk değerleri incelendiğinde; karaçam levhalarından üretilen kontrplakların, ladin ile üretilenlere göre daha yüksek yoğunluk değeri verdiği görülmüştür.

2. Kontrplakların mekanik özellikleri incelendiğinde ise, karaçam kontrplaklarının çekme-makaslama direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri, ladin kontrplaklardan daha yüksek bulunmuştur.

5.2. Kontrplak-Yalıtım Malzemesi İçin Isıl İletkenlik Katsayıları

1. Perde duvar gruplarına göre oluşturulmuş kombinasyon gruplarının ısı iletkenlik değerlerine; ağaç türü, lif yönü ve yalıtım malzemesinin türünün etkili olduğu görülmüştür.

2. Ağaç türü olarak karaçamın, ladin kontrplaklara göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayı değerleri verdiği görülmüştür.

3. Lif yönleri incelendiğinde, cihaza göre lifleri paralel olarak ölçüm yapılan grupların, dik olarak yerleştirilenlere göre daha yüksek ısı iletkenlik katsayı değerleri verdiği belirlenmiştir.

4. Yalıtım malzemelerinin, perde duvarlardaki konumuna göre EPS türü ile oluşturulan taslakların, XPS türü ile oluşturulanlara göre daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir.

5.3. Perde Duvar Üzerinde Gerçekleştirilen Deney Sonuçları

1. Rijitlik değerleri incelendiğinde, Duvar 12 (lifleri dik ladin kontrplaklarla ve XPS levhalarla kaplanmış 8d çivilerle üretilmiş perde duvar) en yüksek rijitlik değerini veren grup olmuştur. Elde edilen rijitlik değerleri aralığı 0.42-1.27 kN/mm arasında bulunmuştur.

2. En yüksek sünek davranışı gösteren duvarlar; Duvar 2 (lifleri dik karaçam kontrplaklarla ve XPS levhalarla kaplanmış 6d çivilerle üretilmiş perde duvar) ve Duvar 5 (lifleri paralel karaçam kontrplaklarla ve EPS levhalarla kaplanmış 6d çivilerle üretilmiş perde duvar) olmuştur.

3. Perde duvarların analiz sonuçları incelendiğinde ağaç türü olarak karaçam ile kaplanmış perde duvarların taşıyabilecekleri maksimum yük hem de son yükteki yer değiştirme miktarları, ladin kontrplak levhalı perde duvarlara göre daha yüksek bulunmuştur.

4. Duvarların üretilmesindeki kontrplakların lif yönünün değiştirilmesinin etkisi incelendiğinde; maksimum yükün liflere dik yönde yerleştirilen duvarlarda daha yüksek olduğu, son yükteki yer değiştirmenin ise paralel yerleştirilenlerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

5. Perde duvarlarının üretiminde kullanılan bağlantı eleman türlerinin etkileri incelendiğinde, 8d ile üretilmiş perde duvarların, 6d ile üretilenlere göre daha fazla yük taşıyabildikleri tespit edilmiştir. 6d ve 8d çivilerin kullanılmasının duvarların son yükteki yer değiştirme miktarı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür.

6. Perde duvarların kontrplaklar ile kaplanmasında kullanılan yalıtım malzemesinin etkileri incelendiğinde ise, duvarların taşıyabildikleri yük miktarlarına hem EPS hem de XPS levhalarının etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak, EPS levhaların perde duvarlara daha fazla yer değiştirme imkânı sağladığı tespit edilmiştir.

7. Analizi yapılan duvarların tamamında kalıcı hasar görülmemiştir. Meydana gelen deformasyonlar genellikle perde duvar iskelesinin alt kiriş elemanında, öndeki L dirseklerde ve kontrplak levhalarının birleşme yerlerinde meydana geldiği görülmüştür.

6. ÖNERİLER

Ahşap; dünyanın birçok ülkesinde özellikle deprem ve kasırga gibi doğal afetlerde gösterdiği üstün performansı sebebiyle yapı maksatlı olarak tercih edilen malzemelerin başında gelmektedir. Yapı amaçlı olarak ahşap ve ahşap esaslı levhaların kullanılmasıyla da yapı sektöründe devamlılığı esas olan geçmişten günümüze bir ilerleme görülmektedir. Yeni nesil mühendislik malzemelerinden biri olan kontrplak levhalar, deprem gibi yanal yüklere karşı gösterdikleri performans üstünlüğünden dolayı ahşap yapılarda kullanımda ilk sırada yer almaktadır.

Günümüzde en fazla enerji tüketiminin yapı sektöründe oluşmasıyla enerji giderlerin de arttığı bilinen bir gerçektir. Avrupa Birliğine katılmayı hedefleyen ülkemiz için, enerji verimliliğine farklı çözümler sunulması en önemli konulardan biridir. Yapılar incelendiğinde ısı kayıplarının her yönden gerçekleştiği görülmektedir. Dört katlı bir binada ortalama ısı kayıpları yaklaşık %60'ı duvarlardan, %25'i çatılardan, %15'i de döşemelerden olmaktadır. Bina duvarlarındaki ısı kayıplarının temel konularında olan yalıtım malzemelerinin çeşitliliği ve en uygun olanını tespiti ile ilgili çalışmaları yapılması önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada da, perde duvarların kaplanmasında kullanılan kontrplaklara ait bazı etkenler ile duvara yalıtım özelliği katacak malzemelerin türünü belirlemek asıl hedeflerden olmuştur. Buna bağlı olarak, çalışma kapsamında yapılan ısı iletkenlik katsayı ölçümlerinde, XPS levhaların perde duvarların yalıtım özelliklerinde daha başarılı olabileceği görülmüştür. EPS levhalarının daha ucuz olması nedeniyle, XPS levhalara göre tercih edilmesine rağmen, enerji giderleri düşünüldüğünde aradaki bu ücret farkının göz ardı edilebileceği düşünülmektedir. Ancak, duvarların yapısal davranışlarından son yükteki yer değiştirmeyi yani sünekliğini arttırmak için EPS levhaları önerilebilir.

Çalışma kapsamında elde edilen rijitlik değerleri incelendiğinde perde duvarların kaplanmasında kullanılacak olan kontrplaklarda yerli ağaçlarımızın kullanımının, önemi görülmüş ve yaygınlaşmasının faydalı olacağı kaanati oluşmuştur.

Çalışmada kullanılan karaçamın ise ladine göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre, yerli ağaç türlerimizden üretilecek perde duvarların kontrplak seçiminde karaçam tercih edilmesi önerilmektedir.

Kontrplaklar kaplanırken lif yönlerinin de duvarın performansında etkili olduğu görülmüştür. Lifleri dik olarak yerleştirilmiş kontrplakların perde duvarda kullanılması, duvarın ekstra yük taşıma kapasitesini arttırmakta iken, paralel olarak yerleştirilmesi durumunda duvar daha sünek davranış göstermektedir. Ayrıca, perde duvarların kaplanmasında kullanılan bağlantı elemanlarında, 8d çivilerin 6d çivilere göre tercih edilmesi önerilmektedir.

Çalışmada, nispeten yüksek yük değerlerine ulaşan perde duvarların aynı zamanda yüksek yer değiştirme miktarları verdiği de tespit edilmiştir. Bu saptama ile perde duvarların ne kadar elastik olabileceği görülmektedir. Yapılarda, deprem gibi ani yüklemeler sonucunda ortaya çıkabilecek yıkılmaların engellenmesi ve depremde yapıdan kaçış sürelerinin arttırılması adına duvardaki elastik davranışın oldukça önemli olduğu göz önüne alındığında, bu çalışmada üretilen perde duvarların sergilediği performansların dikkat çekici olduğu düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Akovali, G., 2005. *Polymers in Construction*. Rapra Technology Limited, Shrewsbury, UK.
- Anonim, 2008. *Build Energy Efficient Walls. Builders Meet Code with Durable, Affordable Wood Wall Systems*.
- Anşin, R., 1988. *Tohumlu Bitkiler, Gymnospermae(Açık Tohumlular)*, Cilt I, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:112/15, Trabzon.
- APA, 1999. *The Engineered Wood Association. American Plywood in Roof Construction: A Design Guide* published by Construction Research Communications Ltd. by permission of Building Research Establishment Ltd. UK.
- ASTM American Society for Testing and Materials (ASTM) E 72, 2014. *Standard Test Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction*, West Conshohocken, A, United States.
- ASTM C 518. 2004. *Methods of Measuring Thermal Conductivity, Absolute and Reference Method*. ASTM International: West Conshohocken, USA.
- Aydın, İ. 2004. "Çeşitli ağaç türlerinden elde edilen kaplamaların ıslanabilme yeteneği ve yapışma direnci üzerine bazı üretim şartlarının etkileri", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2005. *Borlu Bileşikler ile Emprenye İşleminin Ağaç Malzemenin Yüzey Pürüzlülüğü, Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Etkileri*, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.
- Aydın, İ. ve Demirkır, C., 2010. *Activation of Spruce Wood Surfaces by Plasma Treatment After Long Terms of Natural Surface Inactivation*, Plasma Chemistry and Plasma Processing, 30, 697-706.
- Aytin, A., Korkut, S., ve Kol, H., S., 2016. *Isıl İşlemin Ağaç Malzemedeki Isı Yalıtım Özelliğine Etkisi*, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5, 1.
- Bader H, Niemz P, ve Sonderegger, W., 2007. *Untersuchungen Zum Einfluss Des Plattenaufbaus Auf Ausgewählte Ahnte Eigenschaften Von Assivholzplatten*, *HolzRoh-Werkst*, 65, 3, 173-181.
- Bal, B.C. ve Bektaş, I., 2013. *Okaliptüs, Kayın ve Kavak Kaplamalarından Üretilen Kontrplakların Eğilme Özellikleri*, Kastamonu Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 2, 175-181.

- Baldwin, R. F., 1995. Plywood and Veneer-Based Products: Manufacturing Practices, Miller Freeman Books, San Francisco, California, USA.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Birinci Cilt, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:1448/147, İstanbul.
- Birinci, A.U., 2019. Karadeniz Bölgesi Yerli Ağaç Türlerinden Çapraz Lamine Kereste (CLT) Üretimi ve Optimum Üretim Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bostancıoğlu, E. ve Düzgün Birer, E., 2004. Ekoloji ve Ahşap-Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2.
- Bozkurt, A., Y. ve Göker, Y., 1986. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 3401/378 378, İstanbul.
- Bozkurt, A., Y. ve Erdin, N. 1992. Odun Anatomisi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 415.
- Breyer, D. E. 2003. Fridley, K. J., Pollock, D. G., Cobeen, K. E., Design of Wood Structures- ASD: Fifth Edition, Mc Graw- Hill, USA , Newyork.
- Bryan, T. ve Readling, P.E. 2008.LateralLoad Design Solutions I. APA The Engineered Wood Association, March.
- Canply, 2002. Canadian Plywood Association. Plywood Handbook. U.S. Edition. Page:20. Vancouver, Canada.
- Çalışkan, M. 2008. Kontrplak, *Laminart Dergisi*, 10, 59, 71.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu, CŞB, 2015 Ağustos, Ankara.
- Çobancaoğlu, T., 2003. Türkiye’de geleneksel ahşap ev yapı sistemlerinin irdelenerek gruplandırılmasına yönelik bir değerlendirme, MSÜ Mimarlık Fakültesi, Restorasyon Ana Bilim Dalı, *Tasarım Kuram Dergisi*, 3, 28-42, İstanbul.
- Çolakoğlu, G., 2004. Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., 2010. Ahşap Laminasyon Teknolojisi Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- Demir, A., 2014. Yangın geciktirici emprenye maddelerinin çeşitli ağaç türlerinden üretilen kontrplakların ısı iletkenliğine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Demir, A., 2019. Kontrplak Kaplı Ahşap Yapı Perde Duvarlarının Yapısal Davranışları ve Sismik Dayanım Performanslarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Çolak, S., ve Aydın, İ., 2010. Ahşap İskeletli Yapıların Deprem Performansı, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı V: 1722-1731, 20-22.
- Demirkır, C., 2012. Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demirkır, C., Çolakoğlu, G. and Karacabeyli, E., 2013. The effect of some manufacturing factors on technological properties of plywood from northern Turkey and suitability of the panels for use in shear walls, ASCE, *Journal of Structural Engineering*, 139, 12, 1-6.
- DIN 68705-3, 2003. Yapı Kontrplakları, Alman Standartlar Enstitüsü, Verlag.
- Dolan, J.D., 1997. Monotonic Tests of Wood-frame Shear Walls with Various Openings and Base Restraint Configurations, Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Wood Science and Forests Products Brooks, Forest Products Research Center Ramble Road Blacksburg, Virginia 24061-0503, September.
- Earthquake-Resistant Housing, 2002. Awood – frame Building Performance Fact Sheet. Forintek Canada Corp. CMHC. SCHL. Canada. September.
- Edgar, T. V., Puckett, J. A. ve DSpain, R. B., 1989. Effects of geotextiles on lateral pressure and deformation in highway embankments, *Geotextiles and Geomembranes* , 8, 4, 275-292,
- Eldem, S. H., 1968. Türk Ev Plan Tipleri, İTÜ Mimarlık Fakültesi, II.Baskı, İstanbul, 12-25.
- EN 310, 1993. Wood-based panels: Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength, European Standards, Brussels, Belgium.
- EN 323, 1993. Wood-based panels – Determination of density, European Standards, Brussels, Belgium.
- Engineered Wood Products Association of Australasia, 2010. Structural Plywood& LVL Design Manual, EWPA.
- Erman, E., 2000. Bir Ahşap Yapı Kültürünün Yok Oluşu: Gölyaka1, *ODTÜ MFD*, 20, 1-2, 57-76.
- Eurocode 8, 2012. Seismic design of buildings-Worked examples. JRC Scientific & Technical Reports, European Commission Joint Research Center.doi:10.2788/91658

- Excelman, C.A., 2000. Brief Survey of Wood Adhesives ,Purdue University, Cooperative Extension Service, FNR Report 154, West Lafayette, IN.
- Gruber ,J.J., 2012. Reliability and effect of partially restrained wood shear walls. Doctor of philosophy in Civil Engineering, Wayne State University, Detroit, Michigan.
- Güller, B., 2001. Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, 2, ISSN: 1302-7085, 135-160.
- Gürel, F., 2018. Çok Katlı Ahşap Yapıların Deprem Yüğü Altında Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Halligan, A.F. ve Schiewind, A., P., 1974. Prediction of particleboard mechanical properties at various moisture content, *Wood Science Technology*, 8, 68-78.
- Han, Z., Dong, W. ve Song, B., 2018. Experimental Study on Nail Joint Shearing Properties of Light Frame Wooden Shear Walls. *Engineering and Applied Sciences*, 3, 4, 113.doi: 10.11648/j.eas.20180304.13.
- He, G., Yu, C. ve Dai, C., 2007. Theoretical modeling of bonding characteristics and performance of wood composites. Part III. Bonding Strength Between Two Wood Elements. *Wood and Fiber Science*, 39, 4 :566-577.
- Horvath, J. S., 1997. Compressible Inclusion Function of EPS Geoföam. *Geotextiles and Geomembranes*, 15, 1-3, 77-120.
- Huang, X., 2013. Diaphragm Stiffness in Wood-Frame Construction, Master Thesis, Master of Applied Science in The Faculty of Graduate Studies (Civil Engineering), University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Kamke, A.F. and Zylkowski, S.C., 1989. Effects of Wood –Based Panel Characteristics on Thermal Conductivity. *Forest Products Journal*, 39, 5, 39-24
- Kho, D., 2018. Seismic performance of timber-steel hybrid systems with infilled plywood shear walls. Master thesis, Master of Civil Engineering University of Canterbury, New Zealand.
- Kodur, V.R. ve Sultan, M.A., 2000. Behaviour of load-bearing wood-stud shear walls exposed to fire, International Fire Science & Engineering Conference, Edinburgh, Scotland, 2, 1369-1374
- Kol, H. S., Özçifçi, A. ve Altun, S., 2008. Üre Formaldehit ve Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilen Lamine Ağaç malzemelerin Isı iletkenliğı katsayısı üzerine Emprenye maddelerinin etkileri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8, 2, 125-130
- Kol, H.S., Uysal, B. ve Kurt, S., 2010. Thermal Conductivity Of Oak Impregnated With Some Chemicals And Finished. *Bioresources*, 5, 2, 545-555

- Krüger, E.L. ve Adriaola, M. 2010. Thermal Analysis of Wood-based test cells. *Construction and Building Materials*. ,24, 6, 999-1007
- Li, J., Beall, F., C. and Breiner, T., A., 2007. Analysis of Racking of Structural Assemblies Using Acoustic Emission, *Advances in Acoustic Emission*. AEWG, AE Group, 6, 202.
- Lutz, J.F., 1977. *WoodVenner; Log Selection, Cutting and Drying*, U.S. Dep. Agric., Tech. Bull. No 1577, Madison.
- McNatt, J.D., 1979. *Wood Diaphragm Materials*. US Forest Products Laboratory, USA.
- Nanami, N., Shibusawa, T., Sato, M., Arima, T. ve Kawai, M., 2000. Durability Assessment of Wood-Framed Walls and Mechanical Properties of Plywood in Use, in *Proceedings of The World Conference On Timber Engineering*, British Columbia, University of British Columbia.
- Ngohe-Ekam, P.S., Meukam, P., Menguy, G. ve Girard, P., 2006. Thermo physical characterisation of tropical wood used as building materials: With respect to the basal density. *Construction and Building Materials*, 20, 929-938
- Önal, T.O., 2001. Schaumanwood, Yapılarda kontrplak kullanımı,'Nordicwood' projesi ve Finlandiya açık ahşap sistemi
- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., ve Çolak, S. 2002. Kayın, Okume ve Kavak Soyma Kaplamalarından Farklı Kombinasyonlarda Üretilen Kontrplakların Bazı Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 5, 3 257-265.
- Örs ve Keskin, 2008. *Ağaç Malzeme Teknolojisi*. Gazi Yayın Dağıtım, G.Ü. Yayın No: 352, Ankara.
- Özkan D.B. ve Onan C, 2011. Optimization of insulation thickness for different glazing areas in buildings for various climatic regions in Turkey. *Applied Energy* vol. 81,1331-1342.
- Öztank, N. 2004. Orta Yükseklikteki (4-8 kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, İzmir.
- Rice, R. W. ve Shepard, R., 2004. The Thermal Conductivity of Plantation Grown White Pine (*Pinus strobus*) and Red Pine (*Pinus resinosa*) at two moisture content levels. *Forest Products Journal* 54,1, 92-94;
- Seller, T., McSweeney, J. R. and Nearn, W. T., 1988. *Gluing of Eastern Hardwoods: A Review*, U.S. Dep. Of Agric, Forest Service, General Technical Report, 50-71
- Shadravan, S., and Ramseyer, C. C., Investigation of wood shear walls subjected to lateral load. In *Structures*. (Vol. 16, November 2018, pp. 82-96). *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.08.007>.

- Shalbafan, A.2013. “Investigation of Foam Materials to be Used in Light weight Wood-Based Composites”, Doctor of Natural Science Faculty of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, University of Hamburg, Hamburg.
- Simpson, W. ve Tenwolde, A.1999. Chapter 3. Physical properties and moisture relations of wood. Wood Handbook-Wood as an Engineering Material Madison, USA: Forest Products Laboratory.
- Smith, R. C., 1973. Materials of Construction, McGraw-Hill, 307-319, Tokyo.
- Sonderegger, W. ve Niemz, P., 2009. Thermal Conductivity and Water Vapour Transmission Properties of Wood Based Materials. European Journal of Wood Products. 67:313-321
- Suleiman, B.M., Larfeldt, J., Leckner, B., ve Gustavsson, M., 1999. Thermal Conductivity And Diffusivity of Wood, *Wood Science and Technology*, 33, 6, 465–473
- Şenkal, F., 1996. Konutlarda Düünden Bugüne Ahşap Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Timar, M.C. 2006. Wood Adhesives. Editura Universitatii Transilvania din Braşov. ISBN 10, 973-635-760-0; ISBN 13, 978-973-635-760-2 665.93
- TS 2128 EN 313-2, 2005. Kontrplak-Sınıflandırma ve Terimler-Bölüm 2: Terimler.
- TS EN 310, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 314-1, 1998. Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1. Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 3969 EN 314-1, 1998. Kontrplak-Kaplama Yapışma Kalitesi, Bölüm:1 Deney Metodları, 1.Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4645 EN 636, 2005. Kontrplak – Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, 2018. <http://kontrplak.weebly.com/kontrplak-tarihi.html>. 19 Ekim 2018.
- URL-2, 2019. <https://www.epsder.org.tr/tr/page/9/isi-yalitiminda-eps>. 24 Şubat 2019.
- URL-3, 2019. <https://www.epsder.org.tr/tr/page/9/isi-yalitiminda-eps> 21 Şubat 2019.
- URL-4, 2019.<http://www.xpsturkiye.org/sayfa.asp?ID=129>. 3 Ağustos 2019.
- URL-5,2020.<https://strafor.istanbul/459-eps-strafor-ve-xps-strafor-karsilastirmasi.html>. Ocak 2020. 15

- URL-6, 2020. <http://plywoodkaliplik.com/plywood-uretimi-ve-uretim-asamalari>. 15 Ocak 2020.
- Ünaldı, Ü.E., 2004. Nesli Tehlikedeki Ağaç: Ehrami Karaçam (*Pinus Nigrass p. Pallasiana var. Pyramidata*), *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14, 1, 67-80.
- Vick, C.B., 1999. Adhesive Bonding of Wood Materials, Wood handbook – Wood as An Engineered Material Chapter 9, FPL-GTR-113, Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, U.S.
- Wood Design Manual, 2005. Canadian Wood Council, Ottawa, Ontario.
- Xiao, Y., Li, Z. ve Wang, R., 2015. Lateral loading behaviors of light weight wood-frame shear walls with ply-bamboo sheathing panels, *Journal of Structural Engineering*, 141, 3, B4014004, 1-9.
- Yaman, C., 2015. Mudurnu Yöresindeki Tarihi Ahşap Evlerde Kullanılan Gökmar ve Karaçam Ağaç Türlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalikuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş. ve Özgür, D., 2015. Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri, İMO Yapı Malzemeleri Komisyonu, TMH - 487 - 2015/4, 62-74.
- Yaşar, E. ve Erdoğan, Y., 2008. Strength And Thermal Conductivity İn Light weight Building Materials. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 67, 513-519
- Youngquist, J., A., 2007. Wood-based Composites and Panel Products. The Encyclopedia of Wood. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. ISBN-13:978-1-60239-057-7.
- Yoshihara, H., 2009. Poisson's ratio of plywood measured by tension test, *Holzforchung*, 63, 603-608
- Yu, G., 2013. Cold-Formed Steel Framed Shear Wall Sheathed with Corrugated Sheet Steel. University of North Texas.
- Yücel, G., 2018. Ahşap ve mimarlık eğitimi: İstanbul örneği, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1, 2, 62-77, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul.
- Zylkowski, S. 2002. Introduction to wood as an engineering material. APA Engineered wood handbook. Thomas G. Williamson, PE, Editor. McGraw-Hill Publishing, ISBN 0-07-136029-8.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Antalya’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nü kazandı ve 2015 yılında mezun oldu. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başlayan Duygu YÜCESOY orta seviyede İngilizce bilmektedir.

