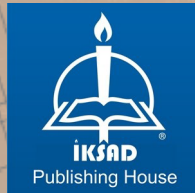


Döngüsel Fenomenoloji: Ekolojik Mimaride Ahşap

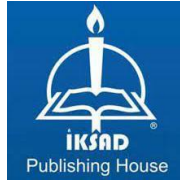
Öğr. Gör. Hayrettin MERİÇ



Döngüsel Fenomenoloji: Ekolojik Mimaride Ahşap

Öğr. Gör. Hayrettin MERİÇ*

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15824020>



*Uşak Üniversitesi / Banaz Meslek Yüksekokulu/Ormancılık Bölümü / Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7987-2175>

Copyright © 2025 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in
any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods,
without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted
by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Pubicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2025©

ISBN: 978-625-378-264-1
Cover Design: İbrahim KAYA
July / 2025
Ankara / Türkiye
Size: 16x24cm

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın tohumları, modern ekolojik mimari pratiklerinde gözlemlediğim bir ikileme atıldı. Bir yanda, karbon ayak izini azaltan, enerji verimliliği sağlayan ve teknik olarak "sürdürülebilir" kabul edilen, ancak insani ölçekte bir yabancılaşma hissi yaratabilen yapılar duruyordu. Diğer yanda ise ahşabın sıcaklığı, dokusu ve kokusuyla insanı saran, ona bir "yuva" hissi ve zamansal bir derinlik sunan mekânlar vardı. Bu karşıtlık, beni temel bir soruya yöneltti: Sürdürülebilirlik, yalnızca rakamlardan ve metriklerden mi ibarettir? Bir malzemenin ekolojik sorumluluğu ile onun insan ruhunda uyandırdığı hissiyat arasında bir bağ kurmak mümkün müdür?

Bu sorulara yanıt arayışım, beni iki farklı düşünce dünyasının kesişimine getirdi. Bir tarafta, kaynakların sorumluluğunu, atığın bir kaynağa dönüşümünü ve sistemik bir bakış açısını temel alan **döngüsel ekonomi** vardı. Diğer tarafta ise mekânın sadece fiziksel bir kabuk olmadığını, onun insan tarafından nasıl deneyimlendiğini, algılandığını ve anlamlandırıldığını inceleyen, Heidegger'in "mesken tutma" kavramıyla derinleşen **fenomenoloji** duruyordu. Bu iki güçlü alanın genellikle birbirlerinden ayrı olarak ele alındığını fark ettim. Oysa ahşap, tam da bu iki dünyanın birleştiği yerdeydi: Zamanın akışını üzerinde bir "patina" olarak taşıyan (fenomenolojik) ve aynı zamanda sorumlu bir yönetimle yaşam döngüleri içinde yeniden var olan (döngüsel) bir malzeme.

Elinizdeki bu çalışma, işte bu iki dünyayı birleştirme ve aralarındaki köprüyü kurma denemesidir. "Döngüsel Fenomenoloji" kavramı, bu denemenin bir ürünüdür. Amacım, bir malzemenin yaşam döngüsü hikayesinin, yani onun nereden geldiği, nasıl yaşadığı ve nereye gideceği bilgisinin, bizim o malzemeyle kurduğumuz duyuşsal ve varoluşsal bağdan ayrı düşünülemeyeceğini ortaya koymaktır. Bu çalışma, ahşabı yalnızca pasif bir yapı malzemesi olarak değil, aynı zamanda hem gezegene hem de insan ruhuna saygı duyan bir mimari anlayışın aktif bir aracısı olarak yeniden tanımlama arzusunu taşımaktadır.

Umuyorum ki bu çalışma, ahşabın ve ekolojik mimarinin potansiyelini, teknik verimliliğin dar sınırlarının ötesinde, bütünsel ve insani bir perspektifle görmek isteyen tüm tasarımcılara, araştırmacılara ve profesyonellere ilham kaynağı olur.

Hayrettin MERİÇ
Temmuz, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
GİRİŞ	7
Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	7
Araştırmanın Literatüre Katkısı	8
Araştırmanın Yapısı	9
1. Ahşabın Fenomenolojisi ve Ekolojik Mimarideki Kavramsal Çerçevesi ...	11
1. Ekolojik Yapı Malzemeleri Bağlamında Ahşap: Sembolik ve Felsefi Boyutlar	12
1.1. Teorik Bir Bakış: Ahşabın 'Doğal' ve 'Yaşayan' Karakteri	13
1.2. Endüstriyel Malzemelerle Karşılaştırma: Beton ve Çelik	13
1.3. Derinlemesine Anlamlar ve Geniş Kapsamlı Çıkarımlar	14
2. Ahşap Mekânların Fenomenolojik Analizi: 'Yuva' Hissi ve Heidegger'in 'Mesken Tutma' Kavramı	16
2.1. Ahşabın Psikolojik ve Algısal Etkileri Üzerine Kuramsal Bir Değerlendirme	17
2.2. Heidegger'in "Mesken Tutma" (Dwelling) Kavramı ve Ahşap Mimariye Uygulanışı	18
2.3. Derinlemesine Anlayışlar ve Bütüncül Etkiler	19
3. Mimarlık Kuramında Biyofili Hipotezinin Eleştirel Bir Değerlendirmesi	22
3.1. Biyofili ve Ahşabın Estetiğin Ötesindeki Rolünün Derinlemesine İncelenmesi	23
3.2. Eleştirel Bakış Açıları ve Sınırlılıklar	24
3.3. Derinlemesine Anlayışlar ve Bütüncül Çıkarımlar	25
4. Biyomimetik Tasarım ve Ahşap Yapılar: Yüzeysel Form Taklidinin Ötesi	27
4.1. Ahşaptan Esinlenen Yapısal ve Malzeme Sistemlerinin Teorik Potansiyeli	28
4.2. Derinlemesine Anlayışlar ve Geniş Kapsamlı Çıkarımlar	30

5. Yeni Bir Kavramsal Model Önerisi: Ekolojik Mimari için Fenomenoloji, Biyofili ve Biyomimikrinin Bütünleştirilmesi	32
5.1. Temaların Bütünsel Bir Teorik Çerçeve Sentezi.....	33
5.2. Ahşabın Rolünü Tanımlamak: Ontolojik ve Psikolojik Boyutlar	34
5.3. Mimari Tasarım, Eğitim ve Pratik için Çıkarımlar	35
5.4. Gelecekteki Araştırma ve Uygulamalar için Öneriler	35
Sonuç.....	36
BÖLÜM KAYNAKLARI	37
2. Ahşap Yapıların Yaşam Döngüsünün ve Dairesel Ekonomi Modellerinin Teorik Bir İncelemesi	45
1. Ahşap Yapılarda Döngüsellik Zorunluluğu.....	46
1.1. İnşaat Sektörünün Çevresel Ayak İzi	46
1.2. Döngüsel Ekonomi ve Ahşabın Rolü	46
2. Ahşap Yaşam Döngüsü Analizinde Doğrusal ve Döngüsel Yaklaşımlar	48
2.1. Ahşap Yapılar için Geleneksel “Beşikten Mezara” YDA’nın Sınırlılıkları	48
2.2. “Beşikten Beşiğe” Döngüsel Ekonomi Modellerinin Teorik Avantajları ve İlkeleri	49
2.3. Çevresel ve Ekonomik Etkilerin Karşılaştırmalı Analizi	50
2.4. Ahşap için Doğrusal ve Döngüsel YDA Modellerinin Karşılaştırılması	52
3. Ahşap Yapılar için Söküm Odaklı Tasarımın (DfD) Teorik Temelleri....	52
3.1. Ahşap Yapılarda Söküm Odaklı Tasarımın (DfD) Temel İlkeleri ve Hedefleri.....	52
3.2. Sökümü ve Yeniden Kullanımı Kolaylaştıran Metodolojiler ve Tasarım Stratejileri	53
3.3. Pratik Uygulamadaki Faydalar ve Zorluklar	55
3.4. Ahşap Yapılar için Temel DfD İlkeleri ve Metodolojileri	57
4. Ahşap için Malzeme Pasaportlarının Kavramsal Çerçevesi ve Uygulanabilirliği	58
4.1. Bir Dijital Kimlik Aracı Olarak Malzeme Pasaportlarının Teorik Arka Planı ve Tanımı	58

4.2. Ahşap Malzeme Pasaportları için Gerekli Temel Bilgi Bileşenleri .	59
4.3. Uygulanabilirlik ve Teknolojik Yaklaşımlar	60
4.4. Döngüsellik için Faydaları ve Yaygın Benimsenmenin Önündeki Zorluklar.....	61
4.5. Ahşap için Malzeme Pasaportlarının Temel Veri Elemanları ve Döngüsellğe Katkıları.....	63
5. Kademeli Kullanım Hiyerarşisi: Ahşap Döngüsel Senaryolarının Teorik Modellenmesi	64
5.1. Ahşap için Kademeli Kullanımın Tanımı ve Teorik Temeli	64
5.2. Döngüsel Kullanım Senaryolarının Modellenmesi: En Yüksek Değerli Yapısal Uygulamalardan Düşük Değerli Ürünlere ve Biyoenerjiye	65
5.3. Hiyerarşi İçinde Değerin Korunması ve Kaynak Optimizasyonu İlkeleri	66
5.4. Kademeli Kullanım Yollarını Etkileyen Politika ve Ekonomik Faktörler	67
Sonuç.....	68
BÖLÜM KAYNAKLARI	71
SONUÇ ve TARTIŞMA.....	77

GİRİŞ

İnsanlık, iklim krizi ve ekolojik bozulma ile karakterize edilen kritik bir çağdan geçmektedir. Bu bağlamda, küresel karbon emisyonlarının ve kaynak tüketiminin önemli bir bölümünden sorumlu olan yapılı çevre, sürdürülebilirlik tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Geleneksel inşaat pratiklerinin doğa üzerinde yarattığı negatif etkilere bir yanıt olarak geliştirilen ekolojik mimari, salt teknik ve metrik tabanlı çözümlerin ötesinde, insan ile doğa arasında daha derin ve anlamlı bir ilişki kurmayı hedefleyen felsefi bir duruşu temsil etmektedir. Bu arayışta, malzeme seçimi, mimari ifadenin ve ekolojik sorumluluğun temel bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır.

Yenilenebilir, karbon depolayan ve çok yönlü bir malzeme olan ahşap, ekolojik mimarinin temel yapı taşlarından biri olarak yeniden keşfedilmektedir. Ancak ahşabın rolü, çoğunlukla karbon ayak izi, enerji verimliliği ve yenilenebilirlik gibi ölçülebilir performans kriterleri çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu yaklaşım, malzemenin teknik faydalarını ortaya koysa da, onun insan deneyimi, psikolojisi ve varoluşsal anlam dünyasındaki derin etkilerini göz ardı etme riski taşımaktadır. Bu çalışma, ahşabın ekolojik mimarideki yerini, teknik sürdürülebilirlik metriklerinin dar kalıplarından çıkararak, çok daha zengin ve bütünsel bir perspektiften inceleme iddiasındadır. Ahşabın sadece pasif bir yapı malzemesi değil, aynı zamanda insan ve mekân arasında kurulan bağın aktif bir aracısı olduğu varsayımından hareketle; fenomenoloji, biyofili, biyomimikri ve dairesel ekonomi gibi farklı kuramsal çerçeveler aracılığıyla malzemenin çok katmanlı doğası deşifre edilecektir.

Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu araştırmanın temel amacı, ahşabın ekolojik mimarideki rolünü, deneyimsel, psikolojik, ontolojik ve sistemsal boyutlarını bütünleştiren kapsamlı bir kavramsal çerçeve içerisinde yeniden tanımlamaktır. Çalışma, ahşap kullanımını yalnızca teknik bir sürdürülebilirlik pratiği olarak değil, aynı zamanda insan-çevre ilişkisini yeniden şekillendiren felsefi, kültürel ve etik bir eylem olarak konumlandırmayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda, araştırmanın kapsamı aşağıdaki teorik incelemeleri içermektedir:

1. **Fenomenolojik Analiz:** Ahşabın dokunsal, görsel, kokusal ve akustik niteliklerinin insan algısını nasıl şekillendirdiğini ve Heidegger'in "mesken tutma" (dwelling) kavramı bağlamında nasıl bir "yuva" hissi yarattığını fenomenolojik bir bakış açısıyla analiz etmek.
2. **Biyofili Hipotezinin Değerlendirilmesi:** Ahşabın insan psikolojisi üzerindeki kanıtlanmış olumlu etkilerini biyofili hipotezi çerçevesinde ele almak ve bu bağlamda otantik malzeme deneyiminin önemini vurgulamak.
3. **Biyomimetik Potansiyelin İncelenmesi:** Biyomimikriyi, yüzeysel form taklidinin ötesine taşıyarak ahşabın hücrel ve yapısal zekâsından öğrenme potansiyelini araştırmak ve bunu "malzeme zekâsı" kavramı üzerinden tartışmak.
4. **Dairesel Ekonomi Modellerinin Analizi:** Ahşap yapıların yaşam döngüsünü doğrusal ("beşikten mezara") ve döngüsel ("beşikten beşiğe") ekonomi modelleri üzerinden karşılaştırmak; Söküm Odaklı Tasarım (DfD), Malzeme Pasaportları ve Kademeli Kullanım Hiyerarşisi gibi stratejilerin teorik temellerini ve uygulanabilirliğini incelemek.

Araştırma, bu dört ana eksen sentezleyerek ekolojik mimari için yeni ve bütünsel bir kavramsal model önermeyi amaçlamaktadır. Çalışma, ampirik bir araştırma veya vaka analizi sunmaktan ziyade, mevcut literatüre dayalı kuramsal bir sentez ve model önerisi olarak kapsamını belirlemiştir.

Araştırmanın Literatüre Katkısı

Bu çalışma, mevcut literatüre birkaç temel ve özgün katkı sunmaktadır:

- **Disiplinlerarası Sentez:** Literatürde ahşabın fenomenolojik, biyofilik, biyomimetik ve döngüsel özellikleri genellikle birbirinden ayrı ve bağımsız alanlarda incelenmektedir. Bu araştırmanın en temel katkısı, bu dört farklı ve güçlü kuramsal perspektifi **sistematik bir şekilde bir araya getirerek** ahşap üzerine bütünsel ve entegre bir anlayış sunmasıdır. Bu sentez, malzemenin potansiyelini parçacıl bir yaklaşımdan bütüncül bir paradigmaya taşımaktadır.
- **Teknik-Deneyimsel İkiliğinin Aşılması:** Çalışma, ekolojik mimari tartışmalarında sıkça görülen teknik verimlilik (karbon, enerji vb.) ile deneyimsel kalite (estetik, atmosfer vb.) arasındaki ikiliği aşmayı

önermektedir. Ahşabın hem ölçülebilir ekolojik faydalar sunan hem de derin varoluşsal anlamlar barındıran bir "araç" olduğunu göstererek, bu iki alan arasında bir köprü kurar.

- **Kavramsal Model Önerisi:** Araştırma, sadece mevcut teorileri analiz etmekle kalmaz, aynı zamanda bu analizler sonucunda "Ekolojik Mimari için Fenomenoloji, Biyofili ve Biyomimikrinin Bütünleştirilmesi" başlıklı **yenı bir kavramsal model** ortaya koyar. Bu model, mimarlar, tasarımcılar ve araştırmacılar için ahşabı daha derin ve çok katmanlı bir şekilde anlamalarına ve kullanmalarına olanak tanıyacak teorik bir çerçeve sunar.
- **Döngüsellığın Felsefi Temellendirilmesi:** Ahşapta döngüsellik genellikle teknik bir mesele (geri dönüşüm, yeniden kullanım) olarak ele alınır. Bu çalışma, döngüsellik pratiklerini (DfD, Malzeme Pasaportları) fenomenoloji ve biyofili gibi insan-merkezli felsefelerle ilişkilendirerek, döngüsellığe sadece ekonomik ve ekolojik değıl, aynı zamanda etik ve varoluşsal bir temel kazandırır.

Araştırmanın Yapısı

Araştırma, belirtilen amaçlara ulaşmak ve öne sürülen katkıları sunmak üzere mantıksal bir akış içinde yapılandırılmıştır.

Araştırmanın ilk ana bölümü, "**Ahşabın Fenomenolojisi ve Ekolojik Mimarideki Kavramsal Çerçevesi**" başlığını taşımaktadır. Bu bölümde öncelikle ahşabın sembolik ve felsefi boyutları, "doğal" ve "yaşayan" bir malzeme olarak karakteri incelenmekte ve endüstriyel malzemelerle karşılaştırılmaktadır. Ardından, 'yuva' hissi ve Heidegger'in 'mesken tutma' kavramı ekseninde ahşap mekânların fenomenolojik analizi yapılmakta, ahşabın psikolojik ve algısal etkileri kuramsal olarak değerlendirilmektedir. Bu bölüm, biyofili hipotezinin eleştirel bir değerlendirmesi ve biyomimetik tasarımın potansiyellerinin incelenmesiyle devam eder.

İkinci ana bölüm, "**Ahşap Yapıların Yaşam Döngüsünün ve Dairesel Ekonomi Modellerinin Teorik Bir İncelemesi**" konusuna odaklanmaktadır. Bu kısımda ilk olarak inşaat sektörünün çevresel ayak izi bağlamında döngüsellik zorunluluğu ve ahşabın bu süreçteki rolü tartışılmaktadır. Geleneksel "beşikten mezara" yaklaşımının sınırlılıkları ile "beşikten beşiğe" döngüsel modellerin teorik avantajları karşılaştırılmaktadır. Akabinde, ahşap yapılar için Söküm Odaklı Tasarım (DfD), Malzeme Pasaportları ve Kademeli

Kullanım Hiyerarşisi gibi temel döngüsellik stratejilerinin teorik çerçeveleri, metodolojileri ve pratik yönleri ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Sonuç bölümünde ise, önceki bölümlerde analiz edilen fenomenoloji, biyofili, biyomimikri ve dairesel ekonomi temaları bütünsel bir teorik çerçevede sentezlenmektedir.

1. Ahşabın Fenomenolojisi ve Ekolojik Mimarideki Kavramsal Çerçevesi

1. Ekolojik Yapı Malzemeleri Bağlamında Ahşap: Sembolik ve Felsefi Boyutlar

Ahşabın Fenomenolojisi ve Ekolojik Mimarideki Yeri

Ahşabın 'Doğal' ve 'Yaşayan' Karakteri



Yaşam ve Yenilenme

Ahşap, yaşam, büyüme ve döngüsel yenilenmeyi simgeler. "Yaşayan yapılar" için tercih edilir.



İnsana Yakınlık

Felsefi olarak insana en yakın malzeme, benzersiz bir dokunsal bağ teşvik eder.



Doğal Güzellik ve Saygı

Evrensel olarak takdir edilir, bazı kültürlerde "ağaç doğasına" derin saygı gösterilir.



Özgünlük ve Tarih

Yüzeylerinde "maddenin doğruluğunu" taşır, yaşını ve tarihini ifade eder.

Endüstriyel Malzemelerle Karşılaştırma: Beton ve Çelik

Özellik	Ahşap	Beton ve Çelik
Kaynak	Yenilenebilir, doğal karbon yutağı (büyürken CO2 emer. depolar)	Yenilenemeyen, üretimde yüksek karbon ayak izi
Gömülü Enerji	Önemli ölçüde daha düşük (güneş enerjisi, biyokütle yan ürünleri)	Önemli ölçüde daha yüksek
Yaşam Dönüşümü	Biyolojik olarak parçalanabilir, daha az çevresel risk	Yavaş ayrışır, daha yüksek çevresel risk
Felsefi Duruş	Doğal döngülerle simbiyotik ilişki, yenilenme ve bütünleşme	İnsanın doğa üzerindeki hakimiyeti, hızlı ve büyük ölçekli inşaat
Algı	Doğal desenleri ve dokuları yüceltilir	Doğal desenleri ve dokuları standartlaştırılır gizlenir

Derinlemesine Anlamlar ve Geniş Kapsamlı Çıkarımlar



Malzeme Algısındaki Ontolojik Ayrım

Ahşap "yaşayan," "yeniden büyüyen," "samimi" ve "yaş ile tarihi" ifade eden bir malzeme olarak algılanır. Organik süreçlere ve insan varoluşuna içsel olarak bağlıdır. Endüstriyel malzemeler ise cansız ve doğal döngülerden kopuktur.



Kültürel ve Etik Bir Duruş Olarak Malzeme Seçimi

Malzeme seçimi, kültürel değerlere, geleneklere ve doğayla kurulan etik ilişkilere derinden bağlıdır. Ekolojik mimarinin ahşabı benimsemesi, salt faydacılığın ötesinde, malzemeye yönelik daha derin bir kültürel saygı ve anlayış gerektirir.

1.1. Teorik Bir Bakış: Ahşabın 'Doğal' ve 'Yaşayan' Karakteri

Ahşap, genellikle yaşam, büyüme ve döngüsel yenilenme kavramlarını bünyesinde barındırır. Örneğin, Çin İmparatorluk Mimarisinde ahşap, saraylar ve tapınaklar gibi "yaşayan yapılar" için tercih edilen malzemeydi ve "yaşam ile yeniden büyümeyi" simgeliyordu. Bu durum, "ölümsüzlük ve ölüm" ile ilişkilendirilen ve bu nedenle cenaze törenleri gibi alanlarda tercih edilen taş ile temel bir sembolik zıtlık oluşturuyordu; bu zıtlık, malzemenin algılanan canlılığı ve geçiciliğine dayanmaktaydı (1).

Felsefi bakış açıları, ahşabı tutarlı bir şekilde "tüm malzemeler içinde insana en yakın olanı" olarak tanımlar ve onunla benzersiz bir ilişki ve dokunsal bir bağ kurulmasını teşvik eder. Ahşabın doğal güzelliği evrensel olarak takdir edilir ve Japonlar gibi kültürler tarihsel olarak ahşaba karşı derin bir anlayış ve saygı göstererek, onun "ağaç doğasının" mimari formları ve uygulamaları şekillendirmesine olanak tanımıştır. Bu yaklaşım, malzemenin kendisine saygı duyulduğu ve doğasında var olan niteliklerin örtülmek yerine yüceltildiği, doğa ile içsel bir felsefi uyum olduğunu ortaya koyar (2).

Özgünlük algısı da bir diğer kritik unsurdur. Ahşap gibi doğal malzemeler, bakışların yüzeylerine nüfuz etmesine olanak tanıyarak "maddenin doğruluğunu" aktarır ve "hem yaşını ve tarihini hem de doğuşunun ve insan tarafından kullanımının öyküsünü" ifade eder (3). Bu durum, genellikle "eskimeyen bir mükemmelliği" önceliklendiren modern mimari eğilimlerle çelişir (4). Dolayısıyla, ahşabın zarif bir şekilde eskiyebilme kapasitesi, yapılı çevre içinde bir özgünlük ve zamansal derinlik hissine önemli ölçüde katkıda bulunur.

1.2. Endüstriyel Malzemelerle Karşılaştırma: Beton ve Çelik

Yapı malzemelerinin çevresel etkileri incelendiğinde büyük farklılıklar ortaya çıkar. Ahşap, yenilenebilir bir kaynaktır ve büyümesi sırasında karbondioksiti emerek hasat edildikten sonra bile kereste içinde uzun süre depolayan doğal bir karbon yutağı işlevi görür (5). Bu durum, yenilenemeyen ve üretim süreçlerinde önemli ölçüde daha yüksek karbon ayak izine sahip olan çelik ve betonla keskin bir tezat oluşturur (6). Dahası, ahşap, çelik ve betona kıyasla önemli ölçüde daha düşük bir gömülü enerjiye sahiptir; hammadde temini, işleme, imalat,

nakliye ve inşaat için daha az enerji gerektirir (7). Ağaçların büyümesi için gereken enerji doğrudan güneşten elde edilir ve ahşap ürünlerin imalatında tüketilen enerjinin yarısından fazlası biyokütle yan ürünlerinden sağlanabilir, bu da genel çevresel etkisini daha da azaltır (10). Yaşam döngüsünün sonunda ahşap, biyolojik olarak parçalanabilir ve beton ile çeliğin yavaş ayrışmasına kıyasla daha az çevresel risk oluşturur (6).

Ahşap ve endüstriyel malzemeler arasındaki seçim, teknik performansın ötesinde temel felsefi duruşlara uzanır. Beton ve çelik, insanın doğa üzerindeki hakimiyetini temsil ederek hızlı ve büyük ölçekli inşaatı mümkün kılarken (7), ahşap daha simbiyotik bir ilişkiyi temsil eder ve doğal döngülerle yenilenmeyi ve bütünleşmeyi vurgular. "Endüstriyel dünya," ahşabın doğal desenlerini ve dokularını standartlaştırıp gizleyerek onu "tahrip etmekle" sıkça itham edilir (2); bu durum, malzemenin doğasında var olan niteliklerden derin bir kopuşu yansıtır.

1.3. Derinlemesine Anlamlar ve Geniş Kapsamlı Çıkarımlar

Ahşap ve endüstriyel malzemelerin algılanma ve kullanılma biçimlerindeki farklılıklar, insanlığın yapılı ve doğal dünya ile olan ilişkisindeki temel ayrımları ortaya koyar.

- **Malzeme Algısındaki Ontolojik Ayrım:** Ahşabın tutarlı bir şekilde "yaşayan," "yeniden büyüyen," "samimi" ve "yaş ile tarihi" ifade eden bir malzeme olarak tasvir edilmesi (1), temel olarak üretim emisyonları, dayanıklılıkları ve mukavemetleri ile karakterize edilen beton ve çelik tanımlamalarıyla belirgin bir tezat oluşturur (6). Bu ayrım, yalnızca fiziksel özelliklerin veya çevresel metriklerin ötesinde, insan algısındaki ontolojik statülerine işaret eden çok önemli bir farklılığı vurgular. Ahşap genellikle bir "yaşama" veya "hikayeye" sahip olarak algılanır (3) ve bu da onu organik süreçlere ve insan varoluşuna içsel olarak bağlar. Endüstriyel malzemeler ise inkâr edilemez faydalarına rağmen, genellikle cansız, statik ve doğal döngülerden temelden kopuk olarak algılanır. Bu ontolojik ayrım, ekolojik mimaride ahşabı teşvik etmenin yalnızca sürdürülebilirlik metriklerine dayalı pragmatik bir karar olmadığını gösterir.

- **Kültürel ve Etik bir Duruş Olarak Malzeme Seçimi:** Malzeme seçiminin tarihsel bağlamı, onun derin etkilerini daha da vurgular. Çin İmparatorluk mimarisinde ahşap seçimi, ölümü değil yaşamı temsil eden sembolik nedenlere dayanıyordu (1). Benzer şekilde, Japonların ahşaba duyduğu derin saygı, Batı'nın "derme çatma" doğramacılıkla ahşabın doğal güzelliğini gizleyerek ona "hakaret etmesi" olarak tanımlanan durumla tezat oluşturur (2) ve malzeme seçiminin kültürel değerlere, geleneklere ve doğayla kurulan etik ilişkilere ne kadar derinden bağlı olduğunu gösterir. "Ölümün karanlığı, aydınlanmamış bir mimarlık eliyle ahşabın üzerine çöküyor" (2) şeklindeki güçlü ifade, Batı kültürünün bu "dost canlısı malzemeye" nasıl davrandığı konusunda ahlaki bir başarısızlığa işaret eder. Bu bakış açısı, başta ahşap olmak üzere yapı malzemesi seçiminin, bir toplumun doğayla olan genel ilişkisini yansıtan etik bir eylem haline geldiğini öne sürer. "Ekolojik mimarinin" ahşabı gerçekten benimseyebilmesi için, salt faydacılığın veya geçici estetik akımların ötesine geçerek malzemeye yönelik daha derin bir kültürel saygı ve anlayış geliştirmesi gerekir. Bu durum, yalnızca verimliliği en üst düzeye çıkarmak veya anlık maliyetleri en aza indirmek yerine, malzemenin özgünlüğünü ve doğal süreçlere saygıyı önceliklendiren değişimleri mimarlık eğitimi ve mesleki pratikte zorunlu kılar.

2. Ahşap Mekânların Fenomenolojik Analizi: 'Yuva' Hissi ve Heidegger'in 'Mesken Tutma' Kavramı

Ahşap Mekânların Fenomenolojik Analizi

Ahşabın Psikolojik ve Algısal Etkileri



Görme

Doğal damar deseni stres azaltır, zihinsel performansı artırır. Farklı tonlar farklı duygusal tepkiler uyandırır.



Dokunma

Ahşap yüzeylerin patinası tarih ve insan etkileşimiyle bağ kurar. Pürüzlü dokular sıcaklık hissi yaratır.

Koku

Mekânın en güçlü anısı genellikle kokusudur. Doğal kokular psikolojik sağlık üzerinde olumlu etki yaratır.



Ses

Hücresel yapısı yankıyı azaltır, sessiz ve konforlu mekânlar yaratır.



Bedenlenmiş Deneyim

Mimar tüm duyarlarla deneyimlenir. Ahşabın zengin duyuşsal nitelikleri "dünyada olma hissini" güçlendirir.

Ahşapın Heidegger'in "Mesken Tutma" Kavramı



Mekânın Ruhu (Genius Loci)

İnşa etmenin amacı, bir yerin doğasında var olan anlamları ortaya çıkararak "bir araziye bir mekâna dönüştürmektir."



Özdeşleşme ve Yönelim

Bireylerin kaybolmuş hissetmesini önler ve çevreyle samimi bir bütünleşmeyi sağlar. Ahşap bu özdeşleşme hissine katkıda bulunur.



Bedenlenmiş Hafıza ve Süreklilik

Ahşap yüzeylerde zamanla gelişen "patina" ve tarihi ifade etme kapasitesi, geçmişle bugünü somut bir şekilde birbirine bağlar.

Ahşabın Derinlemesine Anlayışlar ve Bütüncül Etkiler



Zamansal ve Varoluşsal Derinlik

Ahşabın eskime, yıpranma ve "patina" geliştirme özelliği, yapıyı çevrenin zamanın akışına katılmasına olanak tanır, derin bir süreklilik ve özgünlük hissi yaratır.



Çoklu-Duyusal Yoksulluk ve Ahşabın Rolü

Modern mimarideki görsel odaklılık "duyuşsal yoksulluk" yaratır. Ahşabın çoklu-duyuşsal zenginliği (dokunma, koku, ses, doku) bu yoksunluğa karşı panzehir görevi görür, "bedenlenmiş bilgeliliği" geri kazandırır.

2.1. Ahşabın Psikolojik ve Algısal Etkileri Üzerine Kuramsal Bir Değerlendirme

İnsan deneyiminin yorumlayıcı bir çalışması olan fenomenoloji, durumları, olayları ve anlamları "günlük yaşam sürecinde kendiliğinden ortaya çıktıkları şekliyle" açıklamayı amaçlar (11). Mimari bağlamda bu, mekânların sadece görsel veya entelektüel olarak kavranmasının ötesine geçerek, bireyler tarafından çoklu-duyusal bir etkileşimle nasıl "yaşandığını" ve kullanıldığını anlamak anlamına gelir (12). Bachelard, Merleau-Ponty ve Heidegger gibi düşünürlerden önemli ölçüde etkilenen mimari fenomenoloji, "insan bedenleri ile içinde yaşadıkları fiziksel dünyalar arasındaki samimi, yaşanmış ilişkiyi" ortaya çıkarmayı hedefler (13).

Ahşap ile kurulan çoklu-duyusal etkileşim özellikle belirgindir:

- **Görme:** Görünür ahşap dokusu, güçlü bir stres azaltıcı olarak işlev görür, daha düşük stres seviyelerine ve artırılmış zihinsel performansa katkıda bulunur. Bu pozitif etkilerin birincil kaynağının, ahşap yüzeylerin yaklaşık %45'ini kapladığında optimum fayda sağlayan ahşap damarlarının doğal deseni olduğu görülmektedir (15). Farklı ahşap tonları da farklı duygusal tepkiler uyandırır: açık tonlu ahşaplar ferahlık ve iyimserlik hissi yaratma eğilimindeyken, orta tonlar istikrar ve konforu destekler, koyu tonlar ise lüks ve iç gözlem atmosferi sunar (16).
- **Dokunma (Dokunsallık):** Ahşap, "ona dokunan ele karşı sempatik" olarak tanımlanır (2). "Yarım asırlık bir kullanımın yara izlerini taşıyan ahşap yüzeyinin patinası," tarih ve insan etkileşimiyle somut bir bağ sağlar (3). Ciltte hava sirkülasyonu hissi de dâhil olmak üzere dokunsal deneyimler, ferahlık algısı için çok önemlidir (12). Ayrıca, pürüzsüz yüzeyler soğukluk hissi uyandırabilirken, daha pürüzlü dokular genellikle bir sıcaklık hissi yaratır (17).
- **Koku:** "Bir mekânın en güçlü anısı genellikle kokusudur" (3). "Taze kütüklerin veya yeni ovulmuş döşemelerin kokusu," ortak bir Baltık Denizi kimliği için "sağlam bir temel" oluşturabilir (18) ve ahşabın

doğal kokusunun teşvik ettiği derin, bilinçaltı bağı vurgular. Doğal kokular, psikolojik sağlık ve moral üzerinde sürekli olarak olumlu etkilerle ilişkilendirilir (17).

- **Ses (Akustik):** Ahşabın hücresel yapısı, doğal ses emilim özellikleri sunarak yankıyı etkili bir şekilde en aza indirir ve sessiz, konforlu mekânların yaratılmasına katkıda bulunur (7). "Boş ve eşyasız bir evin akustik sertliği," sesin çeşitli yüzeyler tarafından kırılarak yumuşatıldığı, samimiyet veya anıtsallığa özgü karakteristik sesler yaratan "yaşanmış bir evin misafirperverliğiyle" belirgin bir tezat oluşturur (3).
- **Bedenlenmiş Deneyim:** Önde gelen mimari fenomenologlardan Juhani Pallasmaa, mimarının "göz, kulak, burun, deri, dil, iskelet ve kas dâhil olmak üzere tüm duyularımızla" deneyimlendiğini vurgular (3). Pallasmaa, Batı kültüründeki "görüşün üstünlüğünü" eleştirir ve bu aşırı görme odaklılığının, binaları "varoluşsal derinlik ve samimiyetlerinden" kopardığını savunur (20). Zengin duysal nitelikler dizisine sahip olan ahşap, "derinin gözlerini" yeniden devreye sokmaya ve kişinin "dünyada olma hissini" güçlendirmeye yardımcı olur (12).

2.2. Heidegger'in "Mesken Tutma" (Dwelling) Kavramı ve Ahşap Mimaride Uygulanışı

Martin Heidegger için Almanca "bauen" (inşa etmek) kelimesi, özünde "mesken tutmak" (ikamet etmek) anlamına gelir (22). Bu derin anlamıyla mesken tutma, sadece diğer faaliyetlerin yanında yapılan bir eylem değil, aksine "insan varoluşunun temel karakteridir" – "Mesken tutmak ve var olmak aynı şeydir" (23). Bu kavram, "yeryüzünde olma" eylemini, derin bir "koruma ve muhafaza etme" duygusuyla kapsar (22). Bu perspektiften bakıldığında, binalar sadece insanları barındırmaz; insanlık mesken tuttuğu için inşa edilirler ve yeryüzündeki insan ikametinin bir ifadesi olarak hizmet ederler (23).

Ahşap, bu "yer" ve "yuva" hissini teşvik etmede önemli bir rol oynar:

- **Genius Loci (Mekânın Ruhu):** Önemli bir mimari fenomenolog olan Christian Norberg-Schulz, "Genius Loci" veya "mekânın ruhu" kavramını ortaya atmıştır. Ona göre, inşa etmenin varoluşsal amacı, bir yerin doğasında var olan anlamları ortaya çıkararak "bir araziye bir mekâna dönüştürmektir" (4). Bu, bir yerin peyzajını, ışığını ve kültürel bağlamını kapsayan özgün karakterinin derinlemesine anlaşılmasını gerektirir (4).
- **Özdeşleşme ve Yönelim:** Norberg-Schulz'un çerçevesinde mesken tutma, iki temel psikolojik ihtiyacı karşılar: bireylerin kaybolmuş hissetmesini önleyen yönelim ve daha da önemlisi, bir çevreyle ve onun benzersiz özellikleriyle samimi bir şekilde bütünleşmeyi içeren özdeşleşme (24). Yerel olarak temin edilebilen ve geleneksel olarak kullanılan bir malzeme olan ahşap (10), bu özdeşleşme hissine önemli ölçüde katkıda bulunarak, onun "insan-mekân bütünlüğü ilişkisi" olarak adlandırdığı şeyi teşvik edebilir (24).
- **Bedenlenmiş Hafıza ve Süreklilik:** Ahşap yüzeylerde zamanla gelişen "zamanın patinası" (3) ve onun yaşı ve tarihi ifade etme kapasitesi (3), Heidegger'in "Gewohnthe" – yani gündelik bilincin arka planına çekilse de bizim ilkel deneyimimizi temelden oluşturan, alışılmış ve tanıdık olan – vurgusuyla derinden rezonans kurar (22). Özellikle Çin İmparatorluk mimarisi gibi geleneklerde alışkanlık olarak yeniden inşa edilen ahşap yapılar (1), derin bir varoluşsal sürekliliği somutlaştırır ve geçmişle bugünü somut bir şekilde birbirine bağlayarak bir "anlamların yeniden inşasını" temsil eder (25).

2.3. Derinlemesine Anlayışlar ve Bütüncül Etkiler

Ahşap mekânların fenomenolojik bir mercekten incelenmesi; malzeme, insan deneyimi ve varoluşun doğası arasındaki derin bağlantıları ortaya koyar.

- **Zamansal ve Varoluşsal Derinliğin Aracısı Olarak Ahşap:** Modern mimari, genellikle "eskimeyen bir mükemmellik" arayışı (4) ve "madde ve zanaatın gerçeklerinden" (3) kopukluğu nedeniyle eleştirilir. Buna karşılık, ahşap gibi doğal malzemeler doğaları gereği "yaşını,

tarihini, doğuşunun ve insan tarafından kullanımının öyküsünü ifade eder" (3). Heidegger'in mesken tutmayı "yeryüzünde olmak" olarak anlaması, "Gewohnte" (alışılmış ve tanıdık varoluş hâlleri) ve şeyleri doğal hâllerinde "koruma ve muhafaza etme" eyleminin önemini vurgular (22). Buradaki daha derin anlayış, ahşabın doğasında var olan eskime, yıpranma ve bir "patina" geliştirme özelliğinin, Heideggerci bir mesken tutma duygusunu doğrudan kolaylaştırmasıdır. Statik mükemmellik için tasarlanmış malzemelerin aksine, ahşabın zamansal varlığı —kullanımının ve maruz kalışının görünür tarihi— yapılı çevrenin zamanın sürekli akışına katılmasına olanak tanıyarak insan varoluşunun kendisini yansıtır. Bu durum, derin bir süreklilik, özgünlük ve köklülük hissi yaratarak salt işlevsel bir mekânı, gerçekten "yaşanmış" hissettiren ve daha derin bir varoluşsal gerçekliğe bağlı bir mekâna dönüştürür. Malzemenin bu eskime özelliği, doğrudan daha derin bir zamansal angajmana olanak tanır ve bu da daha derin bir mesken tutma duygusuna yol açar.

- **Modern Mimarının "Çoklu-Duyusal Yoksulluğu" ve Ahşabın İyileştirici Rolü:** Juhani Pallasmaa, Batı mimarisindeki "görüşün üstünlüğünü" şiddetle eleştirir (20) ve görsel estetiğe bu aşırı güvenin, binaları "varoluşsal derinlik ve samimiyetten kopuk imaj ürünlerine" indirgediğini savunur. Kapsamlı, "çoklu-duyusal" bir mimari deneyimini savunur (3). Ahşabın etkilerinin incelenmesi, dokunma, koku ve ses dâhil olmak üzere görmenin ötesindeki duyular üzerindeki önemli etkisini detaylandırır (2). Ortaya çıkan temel örüntü, modern tasarımda görsel estetiğe yönelik yaygın odaklanmanın (12), istemeden yapılı çevre içinde bir "duyusal yoksulluk" yaratarak yüzeysel ve zayıflamış bir insan deneyimine yol açmasıdır. Dokunsal sıcaklığı, belirgin kokusu, akustik özellikleri ve görsel olarak zengin dokusuyla doğası gereği birden fazla duyuyu harekete geçiren ahşap, bu duyusal yoksunluğa karşı güçlü bir panzehir görevi görür. Ahşabın çoklu-duyusal zenginliği, mimarının "bedenlenmiş bilgeliğini" (19) geri kazanmasına olanak tanır ve statik görsel nesneleri dinamik, yaşanmış deneyimlere dönüştürür. Bu, ahşapla tasarım yapmanın yalnızca bir malzeme seçimi değil, modern, görsel egemenliğindeki ortamların

duyarsızlaştırıcı etkilerine karşı koymak için bilinçli bir strateji olduğu ve böylece daha bütünsel ve insani olarak yankı uyandıran bir "yuva" ve "yer" hissini teşvik ettiği anlamına gelir. Ahşabın çoklu-duyusal özellikleri, doğrudan daha zengin, daha bedenlenmiş bir deneyime olanak tanır ve bu da daha güçlü bir var olma ve aidiyet duygusuna yol açar.

3. Mimarlık Kuramında Biyofili Hipotezinin Eleştirel Bir Değerlendirmesi

Mimarlık Kuramında Biyofili Hipotezi

Biyofili ve Ahşabın Rolü



Stres Azaltma

Ahşaba maruz kalma kortizolü düşürür, kan basıncını ve kalp atış hızını yavaşlatır.



Bilişsel İşlev

Odaklanmayı, konsantrasyonu ve yaratıcılığı artırır, zihinsel yorgunluğu azaltır.



Refah ve Ruh Hali

Sakinleştirici, rahatlatıcı ve huzurlu bir atmosfer yaratır, uyku kalitesini iyileştirir.



İç Mekan Kalitesi

Nemi düzenler ve düşük VOC emisyonlarıyla hava kalitesini iyileştirir.



Biyofili Hipotezi

Yaşama ve yaşam benzeri süreçlere odaklanmaya yönelik doğuştan gelen eğilim ve diğer canlılara karşı kalıtsal bir insani duygusal bağlılık.

Eleştirel Bakış Açıları ve Sınırlılıklar



Özgünlük vs. Simülasyon

Yapay ahşap desenleri fayda sağlasa da, gerçek ahşabın "zamanın patinası" ve "köken hikayesi" gibi özgün nitelikleri tam kopyalanamaz.



Kültürel Farklılıklar

Biyofiliğin tezahürleri kültürler arasında değişebilir; tasarım yerel bağlamlara uyarlanmalıdır.



Hipotez Eleştirisi

Hipotezin "çeşitli ve çelişkili yorumlara açık" olduğu ve ampirik bulguların alternatif hipotezlerle açıklanabileceği iddia edilmektedir.

Derinlemesine Anlayışlar ve Bütüncül Çıkarımlar



Biyofilik Etkileşim Spektrumu

Simüle edilmiş unsurlar yüzeysel fayda sağlarken, otantik doğal ahşapla etkileşim daha derin, bütünsel bir bağ kurar ve daha derin esenlik faydalarına yol açar.



Etik Malzeme Tedariki

Biyofili, insan refahının yanı sıra doğal dünyanın sürdürülebilirliğine yönelik etik bir sorumlulukla da bağlantılıdır. Sorumlu hasat ve orman yönetimi elzemdir.

3.1. Biyofili ve Ahşabın Estetiğin Ötesindeki Rolünün Derinlemesine İncelenmesi

1984 yılında Edward O. Wilson tarafından popülerleştirilen biyofili hipotezi, "yaşama ve yaşam benzeri süreçlere odaklanmaya yönelik doğuştan gelen bir eğilim" ve "diğer canlılara karşı kalıtsal bir insani duygusal bağlılık" olduğunu öne sürer (26). Bu teori, insanlığın doğayla olan bağının evrimsel tarihinde derin köklere sahip olduğunu ve genel insan refahı için temel bir öneme sahip olduğunu ileri sürer (27). Bu hipotez üzerine inşa edilen biyofilik tasarım, bu temel insan-doğa bağlantılarını doğrudan yapıllı çevreye entegre etmeyi amaçlar (26).

Ahşap iç mekânlar, bir dizi önemli psikolojik ve fizyolojik fayda sunar:

- **Stres Azaltma:** Ahşaba maruz kalma, birincil stres hormonu olan kortizolde ölçülebilir bir düşüşün yanı sıra daha düşük kan basıncı ve yavaşlamış kalp atış hızı ile tutarlı bir şekilde ilişkilendirilmektedir (16). Çalışmalar, iç mekânlarda ahşabın varlığının hem öğrencilerde hem de öğretmenlerde stres seviyelerini azaltarak yorgunluğun azalmasına yol açtığını özellikle göstermiştir (34).
- **Bilişsel İşlev ve Verimlilik:** Görünür ahşap yüzeylerin varlığı, daha iyi odaklanma, artan konsantrasyon, yükselen yaratıcılık ve azalmış zihinsel yorgunluk ile ilişkilendirilmiştir (16). İş yeri ortamlarında ahşabın entegrasyonu, daha az işe devamsızlık, daha yüksek iş memnuniyeti ve çalışanlar arasında artan verimlilik ile ilişkilidir (34).
- **Genel Refah ve Ruh Hali:** Ahşap iç mekânların doğal, sakinleştirici, rahatlatıcı ve huzurlu bir atmosfer yarattığı bilinmektedir (17). Ruh halini önemli ölçüde iyileştirebilir, daha iyi uyku kalitesini teşvik edebilir ve yaygın bir konfor ve sıcaklık hissi oluşturabilirler (16). Ahşabın doğasında bulunan doğal sıcaklık ve organik dokular, derin bir sakinlik ve esenlik hissi aşılar (29).
- **İç Mekân Çevre Kalitesi:** Psikolojik faydaların ötesinde ahşap, nem seviyelerini doğal olarak düzenleyerek (7) ve düşük uçucu organik bileşik (VOC) emisyonları sayesinde hava kalitesini iyileştirerek (17) daha sağlıklı iç mekân ortamlarına katkıda bulunur.

Doğal bir malzeme olarak ahşap, biyofilik tasarımda kullanılan birincil ve oldukça etkili bir unsurdur (27). Entegrasyonu, "Doğa ile Malzeme Bağlantısı" ilkesiyle doğrudan uyum sağlar; binanın çevresiyle estetik ve dokusal bir bağ kurarken ekolojik sürdürülebilirliği aktif olarak teşvik eder (31).

3.2. Eleştirel Bakış Açıları ve Sınırlılıklar

Biyofilik tasarımın, özellikle ahşap kullanımının faydaları önemli olmakla birlikte, eleştirel bakış açıları ve sınırlılıkların da dikkate alınması gerekir.

- **Özgünlük ve Simülasyon Tartışması:** Araştırmalar, gerçek ahşap dokusunun önemli psikolojik faydalar sağlarken (15), yapay ahşabın da "gerçek ahşap gibi görüldüğü" ve doğal olmayan tekrarlardan kaçınacak kadar çeşitlilik gösterdiği sürece benzer olumlu etkiler yaratabileceğini göstermektedir (15). Bu bulgu, biyofilik tasarımda özgünlük ve simülasyon üzerine kritik bir tartışma başlatmaktadır. Simüle edilmiş biyofilik tasarım, pratik avantajlar sunsa da etik ve sürdürülebilirlik endişeleri doğurur. Eleştirmenler, bunun "gerçeğinin soluk bir taklidi" olabileceğini ve potansiyel olarak "bizi otantik doğal deneyimlerden daha da uzaklaştırabileceğini" savunmaktadır (37). Bu nedenle, simüle edilmiş ortamlarda bile sürdürülebilir malzeme seçimlerinin ve enerji verimli aydınlatmanın önceliklendirilmesi kritik öneme sahiptir (37). Akademik perspektif, biyofilik tasarımın yalnızca estetik bir tercih değil, aynı zamanda "etik bir zorunluluk" olduğunu vurgular (38). Bu, tamamen görsel veya simüle edilmiş bir bağlantının, "insan sağlığı, duyuşsal algı ve yapı çevre ile kurulan psikolojik bağ açısından çok katmanlı teoriyi" (28) tam olarak sağlayamayabileceği anlamına gelir. Doğal ahşapta bulunan "zamanın patinası" ve içsel "köken hikayesi" (3), simüle edilmiş malzemelerin tam olarak kopyalayamayacağı ve potansiyel olarak biyofilik etkileşimin derinliğini ve özgünlüğünü sınırlayan unsurlardır.
- **Kültürel Farklılıklar ve Yorumlar:** Biyofili hipotezi doğaya karşı "doğuştan gelen" bir insani bağ olduğunu öne sürse de (27), bu bağın spesifik tezahürleri ve bireylerin biyofilik unsurlara yönelik tercihleri farklı kültürler arasında önemli ölçüde değişebilir (29). Bu durum,

biyofilik tasarım ilkelerinin evrensel, tek tip bir çözüm olarak uygulanmak yerine yerel kültürel bağlamlara uyarlanması gerektiğini ima eder.

- **Hipotezin Kendisine Yönelik Eleştiriler:** Bazı akademisyenler, biyofili hipotezinin "çeşitli ve hatta çelişkili yorumlara açık olduğunu" ve onu destekleyen ampirik bulguların bazen "alternatif hipotezlerle" açıklanabildiğini iddia etmektedir (40). "Yaşam benzeri" gibi terimlerin "terminolojik özensizliği" ve neyin tam olarak biyofilik bir tepki oluşturduğunu çevreleyen genel belirsizlik hakkında da endişeler dile getirilmiştir (40). Bu eleştirilere rağmen, biyofilik tasarımın olumlu etkileri ilgili mimarlık literatüründe geniş çapta "kabul görmektedir" (31).

3.3. Derinlemesine Anlayışlar ve Bütüncül Çıkarımlar

Biyofili hipotezinin, özellikle ahşapla ilişkili olarak eleştirel bir şekilde değerlendirilmesi, yapıli çevredeki insan-doğa bağlantısına dair incelikli bir anlayış ortaya koyar.

- **Biyofilik Etkileşim Spektrumu: Yüzeyselden Derine:** Çeşitli kaynaklardan (15) elde edilen gözlemler, stres azaltımı için yapay ahşap desenleri kullanmak gibi biyofilik tasarımın pratik uygulamaları (15) ile onun daha derin felsefi ve etik boyutları (37) arasında bir gerilimi vurgulamaktadır. Simüle edilmiş unsurlar gerçekten de bazı ölçülebilir psikolojik faydalar sağlayabilirken, doğal malzemelerde bulunan "özgünlük" (37) ve "zamanın patinası" (36) gibi kavramlar daha derin bir etkileşim seviyesine işaret eder. Biyofilinin "çok katmanlı teorisi" (31), gerçek bir biyofilik bağlantının, salt görsel çekiciliğin ötesinde duysal, psikolojik ve hatta manevi boyutları kapsadığını ima eder. Bu, biyofilik etkileşimin bir spektrumunu gösterir; burada ahşabın (örneğin kaplama, yapay doku) tamamen simüle edilmiş veya estetik uygulamaları yüzeysel faydalar sunabilir. Buna karşılık, otantik, doğal ahşapla –doğasındaki kusurları, zarif yaşlanma kapasitesi ve çoklu-duysal nitelikleri ile– kurulan etkileşim daha derin, daha bütünsel bir bağ kurar. Bu, ekolojik mimarinin

biyofiliden gerçekten yararlanabilmesi için, biyofilinin "estetğin ötesindeki" yönünün en iyi şekilde, gerçek malzeme varlığı ve onun doğal süreçleri aracılığıyla gerçekleştirildiğini kabul ederek, salt görsel taklit yerine otantik malzeme bağlantısını önceliklendirmesi gerektiğini öne sürer. Doğal ahşabın özgünlüğü ve çoklu-duyusal zenginliği, doğrudan daha derin bir biyofilik tepkiye katkıda bulunarak daha derin esenlik faydalarına yol açar.

- **Malzeme Tedarikinde Etik Bir Zorunluluk Olarak Biyofili:** Biyofili hipotezi, öncelikle insan refahına odaklansa da, aynı zamanda "doğal dünyanın bakımı ve sürdürülebilirliğine yönelik etik bir sorumlulukla" (36) içsel olarak bağlantılıdır ve tasarımda "etik bir zorunluluk" olarak kabul edilir (38). Ahşabın belgelenmiş faydaları genellikle "elbette sorumlu bir şekilde hasat edilmiş olma" (15) gerekliliğiyle nitelendirilir ve "sürdürülebilir hasat uygulamalarını" vurgular (6). "Ahşap için ormansızlaşma" konusundaki endişeler (37) bu kritik noktayı daha da vurgular. Bu durum, biyofili hipotezinin ahşap gibi malzemelere uygulandığında, yalnızca insan konforu için tasarım yapmanın ötesine geçerek malzemelerin kendilerinin etik kaynak kullanımını ve daha geniş ekolojik etkisini kapsadığını gösterir. İnsanın doğaya karşı doğuştan gelen "yakınlığı" (29), o doğayı korumak için karşılık gelen bir sorumluluğu da ima eder. Bu nedenle, ahşabın biyofilik tasarıma gerçekten katkıda bulunabilmesi için, sürdürülebilir orman yönetiminden (41) sorumlu işlemeye kadar tüm yaşam döngüsünün, biyofilinin temel değerleriyle uyumlu olması gerekir. Bu da etik malzeme tedarikini, biyofilik mimari kuram ve pratiğinin ayrılmaz bir parçası haline getirir. Biyofilinin etik temelleri, doğrudan sürdürülebilir kaynaklı ahşap talebine yol açar ve bu da daha sorumlu ve gerçekten biyofilik bir mimari pratiğiyle sonuçlanır.

4. Biyomimetik Tasarım ve Ahşap Yapılar: Yüzeysel Form Taklidinin Ötesi

Biyomimetik Tasarım ve Ahşap Yapılar

Ahşaptan Esinlenen Yapısal ve Malzeme Sistemleri



Biyomimikri: Doğadan Öğrenmek

Doğanın zamanla test edilmiş desen ve stratejilerini taklit ederek sürdürülebilir çözümler arayan bir inovasyon yaklaşımıdır.

Üç Seviye: Organizma, Davranış, Ekosistem Taklidi.



Ahşabın Hiyerarşik Mimarisi

Laminar, gözenekli, lif takviyeli bir kompozit olarak benzersiz bir yapıya sahiptir. Moleküler düzeyden makro ölçeğe uzanan optimize edilmiş özellikler sunar.



Mukavemet & Yük Dağılımı

Ağaçlar lifleri maksimum gerilme yolları boyunca hizalayarak büyümeyi optimize eder. "Woodflow" gibi teknolojiler bu süreci taklit eder.



Malzeme Verimliliği

Biyomimetik yaklaşımlar, bileşenlerin sadece ihtiyaç duyulan yerlerde inşa edildiği "eklemeli imalat" süreçlerini mümkün kılar, israfı önler.



Gelişmiş Üretim Teknikleri

Düşük sıcaklıkta kürleme veya 3D baskı ile yapay polimerik ahşaplar üretme konsepti, ahşabın biyogenezinden ilham alır.



Kendi Kendini Onarma & Nem Düzenleme

Doğanın kendi kendini onarma yeteneğinden ve ağaç kabuğu/çam kozalaklarının nem tepkisinden ilham alan çözümler geliştirilir.

Derinlemesine Anlayışlar ve Geniş Kapsamlı Çıkarımlar



Malzeme Zekâsına Geçiş

Biyomimikri, ahşabı pasif bir yapı malzemesinden, içindeki biyolojik ve yapısal bilgiden öğrenilen aktif bir "malzeme zekâsı" kaynağına dönüştürür.



Sürdürülebilirlik ve Performans Köprüsü

Biyometri, çevresel sürdürülebilirliği yüksek performansla doğası gereği birleştirir. Bu, sürdürülebilir malzemelerin performanstan ödün vermesi gerektiği kanısına meydan okur.

4.1. Ahşaptan Esinlenen Yapısal ve Malzeme Sistemlerinin Teorik Potansiyeli

Biyomimikri, "doğanın zamanla test edilmiş desen ve stratejilerini taklit ederek" sürdürülebilir çözümler arayan bir inovasyon yaklaşımıdır (43). Bu süreç, doğal modelleri incelemeyi, biyolojik stratejileri tasarım ilkelerine dönüştürmeyi, işlevleri tanımlamayı ve doğadan ilham alan fikirler üzerine beyin fırtınası yapmayı içerir (46). Biyomimikri üç farklı seviyede işler: organizma taklidi (tek bir organizmanın özelliklerini taklit etme), davranış taklidi (bir organizmanın kendi bağlamındaki davranışlarından veya etkileşimlerinden ilham alma) ve ekosistem taklidi (daha geniş bir çevrenin doğal süreçlerini ve döngülerini taklit etme) (45).

Ahşabın kendisi, laminar, gözenekli, lif takviyeli bir kompozit olarak makro ölçeğinden, selülozun yapısal bir biyopolimer görevi gördüğü moleküler düzeyine kadar uzanan benzersiz bir "hiyerarşik mimariye" sahiptir (46). Bu çok ölçekli organizasyon, yüksek tokluk ve verimli mekanik enerji emilimi gibi optimize edilmiş özelliklerinin temelidir (47). "Uzlanmış hücrelerin katmanlar oluşturması ve bunun sonucunda karmaşık anizotropik bir yapının ortaya çıkması" (46), esnek ve verimli yapılar tasarlamak için zorlayıcı bir model sunar.

Ahşapla gerçek biyomimikri, Art Nouveau akımında görülen organik şekilleri taklit etmenin çok ötesine geçer (42). Bunun yerine, ahşaba olağanüstü özelliklerini kazandıran temel ilke ve süreçleri taklit etmeye odaklanır.

Gelişmiş Performans için Hücresel ve Yapısal Özelliklerin Taklit Edilmesi:

- **Mukavemet-Ağırlık Oranı ve Yük Dağılımı:** Ağaçlar, mukavemeti ve stabiliteyi en üst düzeye çıkarırken kaynak kullanımını en aza indirmek için büyümelerini doğal olarak optimize ederler. Bunu, lifleri maksimum gerilme yolları boyunca hizalayarak ve dalları yükleri en uygun şekilde dağıtacak biçimde şekillendirerek başarırlar (42). "Woodflow" gibi ileri teknolojiler, ince ahşap şeritlerini dijital olarak tanımlanmış gerilme hatları boyunca robotik olarak döşeyerek bu doğal süreci taklit eder ve "mekanik performansı malzemenin kendisine programlar" (42). Bu yenilikçi yaklaşım, çelik ve beton gibi geleneksel

malzemelerin performansına rakip olabilen (42) hafif, son derece sert yapısal elemanlar (48) ortaya çıkarır.

- **Malzeme Verimliliği:** Biyomimetik yaklaşımlar, bileşenlerin yalnızca yapısal olarak ihtiyaç duyulan yerlerde inşa edildiği "eklemeli imalat" süreçlerini mümkün kılarak israfı önler ve önemli ölçüde daha az malzeme gerektirir. Örneğin, bazı biyomimetik ahşap ürünleri, çapraz lamine ahşabın (CLT) taşıdığı aynı yükü taşımak için gereken ağaç hacminin yalnızca %25'ini gerektirir (48).

Ahşabın Büyümesinden Esinlenen Gelişmiş Üretim Teknikleri:

Düşük sıcaklıkta kürleme (50) veya 3D baskı (46) yoluyla "gerçekçi görünüme ve hücresel yapıya sahip yapay polimerik ahşaplar" yaratma konsepti, ahşabın doğal biyogenezinin yeni üretim süreçlerine nasıl ilham verebileceğini göstermektedir. Robotik fabrikasyon ve gelişmiş dijital tasarım araçları, mimarların ahşabın malzeme performansının doğasındaki karmaşıklıklarla giderek daha fazla ilgilenmelerine olanak tanıyarak inşaatta "yeni bir malzeme dilinin" geliştirilmesine öncülük etmektedir (51).

Kendi Kendini Onarma ve Nem Düzenleme Özellikleri:

- **Kendi Kendini Onarma:** Doğanın doğuştan gelen kendi kendini onarma yeteneğinden (52) ilham alan biyomimetik malzeme araştırmaları, aktif olarak kendi kendini onaran polimerleri (53) ve koruyucu kaplamaları araştırmaktadır. Sağlanan bilgiler ahşap bazlı kendi kendini onarma uygulamalarını açıkça detaylandırmasa da, daha geniş biyomimetik kendi kendini onarma ilkesi (52), ahşap bazlı kompozitlere uygulanabilir. Bu, tıpkı ağaçların yaralarını doğal olarak iyileştirmesi gibi, onların dayanıklılığını artırabilir ve bakım ihtiyaçlarını azaltabilir.
- **Nem Düzenleme:** Ahşap, ortamdaki nemi doğal olarak düzenler (7) ve dikkate değer bir nem direncine sahiptir (54). Biyomimetik bina kabukları, gelişmiş ısı yalıtımı ve hassas nem kontrolü için ağaç kabuğunun çok katmanlı yapısından ilham alabilir (56). Bitki hücre duvarlarında gözlemlenen ilkeler (57) ve çam kozalaklarının çevresel neme tepki olarak uyarlanabilir açılıp kapanma mekanizmaları (58),

"elektriğe ihtiyaç duymadan ışık girişini, havalandırmayı veya ısı yalıtımını düzenlemek için otomatik olarak ayarlanan" (58) gelişmiş bina sistemlerine ilham verebilir. Bu vizyoner yaklaşım, "nefes alabilen" ve değişen çevre koşullarına dinamik olarak yanıt veren binalar yaratmaya yöneliktir (45).

4.2. Derinlemesine Anlayışlar ve Geniş Kapsamlı Çıkarımlar

Biyomimetrisinin ahşap yapılara uygulanması, geleneksel malzeme kullanımının ötesine geçerek doğanın içsel zekasını benimseyen dönüştürücü bir potansiyeli ortaya koyar.

- **'Malzeme Kullanımından' 'Malzeme Zekâsına' Geçiş:** Ahşabın geleneksel uygulamaları öncelikle mukavemet ve yalıtım gibi yığın özelliklerine odaklanır. Ancak, çeşitli kaynaklarda (42) tanımlandığı gibi biyomimikri, ahşabın "hiyerarşik mimarisinden" (46) ve bir ağacın "mukavemet ve stabiliteyi en üst düzeye çıkarmak için büyüme" (42) biçiminden temel "tasarım ilkeleri" çıkararak bunun ötesine geçer. Woodflow gibi teknolojiler, lif hizalamasını taklit ederek "mekanik performansı malzemenin kendisine programlamakla" (48) bu durumu örnekler. Buradaki daha derin anlayış, biyomimetrisinin ahşabı pasif bir yapı malzemesinden bir *malzeme zekâsı* kaynağına dönüştürmesidir. Bu sadece ahşabı kullanmakla ilgili değil, onun içinde kodlanmış olan biyolojik ve yapısal bilgelikten *öğrenmekle* ilgilidir. Bu, mimari paradigmayı, durağan bileşenleri basitçe bir araya getirmekten, doğanın evrimleşmiş verimliliğini ve uyarlanabilirliğini somutlaştıran "aktif" malzemelerle tasarlamaya kaydırır. Bu yaklaşım, sadece ahşaptan yapıldıkları için değil, aynı zamanda doğal hallerinde ahşap gibi *işlev gördükleri* için doğası gereği daha sürdürülebilir ve esnek olan yeni nesil "akıllı" veya "tepkisel" ahşap yapılara doğrudan yol açar ve yapıllı ile doğal çevre arasındaki çizgileri bulanıklaştırır.
- **Sürdürülebilirlik ve Performans Arasında Bir Köprü Olarak Biyomimikri:** Çok sayıda kaynak, biyomimetrisinin "sürdürülebilir, uzun ömürlü ve uygun maliyetli çözümler" (43) geliştirme, "CO² emisyonlarını önemli ölçüde azaltma" (45) ve yüksek derecede "enerji

verimli" binalar (44) yaratma potansiyelini vurgulamaktadır. Aynı zamanda, bu yaklaşım "gelişmiş yapısal performansı" (43), "olağanüstü mukavemet-ağırlık oranlarını" (42) ve "iyileştirilmiş mekanik özellikleri" (60) öne çıkarır. Ortaya çıkan temel örüntü, özellikle ahşaba uygulandığında biyomimetrimin, çevresel sürdürülebilirliği yüksek performansla doğası gereği birleştirmesidir. Bu bir ödünleşme değil, sinerjik bir sonuçtur. Bu durum, sürdürülebilir malzemelerin performanstan ödün vermesi veya maliyeti artırması gerektiği yönündeki geleneksel kanıya meydan okur. Ahşabın optimize edilmiş doğal stratejilerini taklit ederek, mimarlar hem çevresel etkide (örneğin karbon emisyonları, malzeme atığı) radikal azalmalar hem de üstün yapısal ve işlevsel nitelikler (örneğin mukavemet, uyarlanabilirlik, kendi kendini düzenleme) elde edebilirler. Bu, biyometriyi, "yeşil" olmanın aynı zamanda "daha iyi performans" anlamına gelebileceğini göstererek ekolojik mimariyi ana akım haline getirmek için kritik bir yaklaşım olarak konumlandırır.

5. Yeni Bir Kavramsal Model Önerisi: Ekolojik Mimari için Fenomenoloji, Biyofili ve Biyomimikrinin Bütünleştirilmesi

Ekolojik Mimari için Yeni Bir Kavramsal Model Önerisi

★ Temaların Bütünsel Bir Teorik Çerçeveде Sentezi



Fenomenoloji

Ahşabın çoklu-duyusal nitelikleri (görme, dokunma, koku, ses) ile "yuva" hissi ve Heidegger'in "mesken tutma" kavramı.



Biyofili

İnsanın doğayla doğuştan gelen bağı ve ahşabın stres azaltıcı, bilişsel iyileştirici etkileri; otantik malzeme bağlantısının önemi.



Biyomimikri

Doğanın zekâsından ve uyarlanabilir stratejilerinden öğrenme; ahşabın hücresel yapısından ilham alan verimli ve uyarlanabilir tasarımlar.

🏠 Ahşabın Rolü: Ontolojik ve Psikolojik Boyutlar

📦 Ontolojik Araç

Ahşap, "ağaç-doğasını" koruyan ve "yaşını ve tarihini" ifade eden yaşayan bir malzemedir. Yapılı çevrenin yaşam döngülerine katılır, insan varoluşunu anlamlı bir gerçeklik içinde temellendirir.

💡 Psikolojik Katalizör

Doğrudan duyuşsal etkileşimle insan refahını destekler ve biyofilik tepkileri tetikler. Sakinleştirici, onarıcı ve bilişsel gelişime elverişli ortamlar yaratır.

🏗️ Mimari Tasarım, Eğitim ve Pratik

🔧 Tasarım

Malzeme özgünlüğünü, çoklu-duyusal deneyimi ve doğal zekânın taklidini önceliklendiren bütünsel bir yaklaşım.

🎓 Eğitim

Malzemelerin felsefi, psikolojik ve ekolojik boyutlarını içeren kapsamin genişletilmesi, kültürel saygı.

✂️ Pratik

Biyologlar, mühendisler, mimarlar arasında disiplinlerarası işbirliği, ileri üretim teknikleri.

🔬 Gelecek Araştırma ve Uygulama Önerileri



Görgül Çalışmalar

Otantik ve simüle edilmiş ahşabın uzun vadeli psikolojik/fizyolojik etkileri.



Kültürlerarası Araştırma

Ahşap algısının kültürel farklılıkları ve biyofilik tepkiler üzerine kapsamlı inceleme.



Politika ve Ekonomi

Döngüsel stratejilerin yaygınlaşmasındaki ekonomik ve düzenleyici engellerin analizi, öneriler.



Tasarım Araçları

Fenomenolojik, biyofilik ve biyomimetik ilkeleri tasarım sürecine entegre eden pratik araçlar.

5.1. Temaların Bütünsel Bir Teorik Çerçeve Sentezi

Geleneksel ekolojik mimari, genellikle karbon ayak izi, enerji verimliliği ve malzemenin yenilenebilirliği gibi ölçülebilir metriklere öncelik verir (5). Bu teknik kriterler inkâr edilemez derecede önemli olsa da, bu bölüm, ahşabın ekolojik mimarideki gerçek potansiyelinin, daha derin ve anlamlı insan-doğa bağlantıları kurma konusundaki derin kapasitesinde yattığını ve böylece salt teknik değerlendirmelerin ötesine geçtiğini savunmaktadır.

Önerilen bütünsel çerçeve, üç temel boyutu bütünleştirir:

- **Fenomenolojinin Bütünleştirilmesi:** Bu boyut, ahşabın *yaşanmış deneyimini* vurgular. Fenomenoloji; ahşabın görme (görünür doku), dokunma (dokunsallık, patina), koku (doğal koku) ve ses (akustik özellikler) gibi zengin çoklu-duyusal nitelikleri aracılığıyla insan algısını nasıl şekillendirdiğini ve derin bir "yer" ve "yuva" hissi nasıl desteklediğini anlamak için temel çerçeveyi sağlar (2). Bu yaklaşım, binaların yalnızca birer sığınak değil, bizim "dünyanın içinde var olma" halimizin birer ifadesi olduğu Heidegger'in "mesken tutma" kavramıyla uyum içindedir (22). Ahşabın yaşı ve tarihi ifade etme yeteneği (3), bu ontolojik derinliğe önemli ölçüde katkıda bulunarak, yaşayanları varoluşun zamansal akışına bağlar.
- **Biyofilinin Bütünleştirilmesi:** Bu boyut, insanın doğayla olan *doğuştan gelen bağı* ve bununla ilişkili psikolojik ve fizyolojik faydaları ele alır. Biyofili hipotezi, insanların yaşam ve yaşam benzeri süreçlerle ilişki kurmaya yönelik evrimsel bir yatkınlığa sahip olduğunu öne sürer (27). Doğal bir malzeme olarak ahşap, bu içsel bağlantıyı doğrudan kolaylaştırır; stresi azalttığı, bilişsel işlevi iyileştirdiği ve genel refahı artırdığı kanıtlanmıştır (16). Biyofilinin eleştirel değerlendirmesi, salt simülasyon yerine *özgün malzeme bağlantısının* önemini vurgular (37) ve ahşabın "yaşayan" niteliklerinin derin ve anlamlı bir biyofilik etkileşim için ne kadar esas olduğunu pekiştirir.
- **Biyomimikrinin Bütünleştirilmesi:** Bu boyut, *doğanın zekâsından ve uyarlanabilir stratejilerinden* yararlanır. Biyomimikri, ahşabı sadece

bir malzeme olarak kullanmanın ötesine geçerek, onun karmaşık hücresel ve hiyerarşik yapılarından (46) ve optimize edilmiş yük dağıtımı ile nem düzenlemesi gibi doğal süreçlerinden (42) *öğrenmeyi* içerir. Bu yaklaşım, yüksek performanslı, kaynak-verimli ve potansiyel olarak kendi kendini düzenleyen veya uyarlanabilir ahşap yapıların (45) tasarımını mümkün kılar; binaları, doğanın doğasında var olan esnekliğini ve verimliliğini taklit eden dinamik sistemlere etkin bir şekilde dönüştürür.

5.2. Ahşabın Rolünü Tanımlamak: Ontolojik ve Psikolojik Boyutlar

Bu bütünlük çerçeve içinde ahşap, birbiriyle bağlantılı ikili bir rol üstlenir:

- **Ontolojik bir Araç Olarak Ahşap:** "Ağaç-doğasını" koruyan (2) ve "yaşını ve tarihini" gözle görülür şekilde ifade eden (3), bir zamanlar yaşamış bir malzeme olarak ahşap, ontolojik bir araç işlevi görür. Yapılı çevrenin yaşam, çürüme ve yenilenme döngülerine aktif olarak katılmasına olanak tanır ve Merleau-Ponty'nin "dünyanın teni" olarak adlandırdığı şeye somut bir bağlantı sunar (19). Bu içsel özellik, modern mimarinin çoğunda yaygın olan bedensiz, görsel egemenliğindeki deneyime doğrudan karşı koyar (20) ve böylece insan varoluşunu anlamlı, zamansal bir gerçeklik içinde temellendirir. Malzemenin zamanın geçişini gösterme kapasitesi, daha derin bir süreklilik ve aidiyet duygusu geliştirir.
- **Psikolojik bir Katalizör Olarak Ahşap:** Estetik çekiciliğinin ötesinde ahşap, doğrudan duysal etkileşim (3) yoluyla insan refahını aktif olarak destekleyen ve doğuştan gelen biyofilik tepkileri (34) tetikleyen güçlü bir psikolojik katalizör görevi görür. İç mekânlardaki yaygın varlığı, tutarlı bir şekilde sakinleştirici, onarıcı ve bilişsel gelişime son derece elverişli olarak algılanan ortamlar yaratır (15). Bu durum, mimari tasarımı yalnızca barınak sağlamaktan, insan zihinsel ve duysal sağlığını aktif olarak beslemeye yükseltir ve mekânları, psikolojik refahı proaktif olarak destekleyen ortamlara dönüştürür.

5.3. Mimari Tasarım, Eğitim ve Pratik için Çıkarımlar

Önerilen kavramsal model, mimarlık mesleğinin çeşitli yönleri için önemli çıkarımlar taşır:

- **Tasarım:** Bu çerçeve, malzeme özgünlüğünü, çoklu-duyusal deneyimi ve doğal zekânın taklidini önceliklendiren bütünsel bir tasarım yaklaşımını teşvik eder. Tasarımcılar, ahşabın sürdürülebilir kaynak kullanımı ve sorumlu orman yönetiminden doğal yaşlanma sürecine ve derin biyomimetik entegrasyon potansiyeline kadar tüm yaşam döngüsünü dikkate almaya yönlendirilir. Bu, tasarımı yüzeysel estetiğin ötesine, malzeme özellikleri ve doğal sistemlerle daha derin bir etkileşime taşır.
- **Eğitim:** Mimarlık eğitimi, kapsamını geleneksel teknik ve estetik eğitimin ötesine taşıyarak malzemelerin felsefi, psikolojik ve ekolojik boyutlarını da içerecek şekilde genişletmelidir. "Genius Loci" veya "mekânın ruhunu" (24) anlamaya ve ahşabın yapısal yeteneklerinin ötesindeki içsel değerini kabul ederek ona karşı kültürel bir saygı geliştirmeye yeniden vurgu yapılmalıdır.
- **Pratik:** Model, biyologları, mühendisleri, malzeme bilimcilerini ve mimarları (45) ahşabın tam biyomimetik potansiyelini kolektif olarak ortaya çıkarmak için bir araya getiren disiplinlerarası işbirliğinin artmasını teşvik eder. Ahşabın doğal özelliklerini homojenleştirmek veya gizlemek yerine onlara saygı duyan ve onları geliştiren ileri üretim tekniklerinin (51) benimsenmesini teşvik eder. Bu işbirlikçi yaklaşım, gerçekten yenilikçi ve ekolojik olarak bütünleşmiş yapılara yol açabilir.

5.4. Gelecekteki Araştırma ve Uygulamalar için Öneriler

Bu kavramsal çerçeveyi daha da ilerletmek için, gelecekteki araştırmalar ve pratik uygulamalar için çeşitli yollar önerilmektedir:

- Farklı mimari tipolojilerde ve kültürel bağlamlarda otantik ahşap ile simüle edilmiş ahşabın uzun vadeli psikolojik ve fizyolojik etkileri üzerine daha fazla görgül (ampirik) çalışma yürütülmesi.

- Ahşaptan türetilen fenomenolojik içgörüler ve biyomimetik ilkeleri mimari kavramsallaştırma ve geliştirmenin erken aşamalarına sorunsuz bir şekilde entegre eden yenilikçi tasarım araçları ve metodolojileri geliştirilmesi.
- Sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen, biyomimetik esinli ahşap yapıların yaygın kullanımını teşvik eden politika çerçevelerinin araştırılması ve savunulması; bu yapıların bütünsel faydalarının geleneksel karbon muhasebesinin ötesinde tanınmasının sağlanması.
- Bölgesel olarak duyarlı ve kültürel olarak rezonans kuran ekolojik mimarinin geliştirilmesine bilgi sağlamak amacıyla, ahşap algısının kültürel farklılıkları ve biyofilik tepkiler üzerine kapsamlı araştırmalar yapılması.

Sonuç

Bu bölüm, ahşabın ekolojik mimarideki rolünün, ölçülebilir çevresel faydalarının çok ötesine uzandığını savunmuştur. Fenomenolojik içgörüler insan deneyimi ve mesken tutma (dwelling) anlayışına dâhil ederek, biyofili hipotezinin doğuştan gelen insan-doğa bağına dair anlayışını ve biyomimikrinin doğanın zekâsını taklit etme prensibini bütünleştirerek, derin ve kapsamlı bir kavramsal çerçeve ortaya çıkmaktadır.

Bu bütünsel model, ahşabı; insanlar, yapılı çevre ve doğal dünya arasında daha derin, anlamlı ve karşılıklı bir ilişki kurulması için hayati bir araç olarak konumlandırır. Ekolojik mimariyi salt teknik bir problem olmaktan çıkarıp, onu varoluşsal ve etik bir çabaya temelden dönüştürür. Ahşap, kalıcı ve evrilen varlığıyla, gerçek ekolojik mimarinin sadece yeşil binalar inşa etmekle ilgili olmadığını, aynı zamanda bilgece mesken tutmakla ilgili olduğunu; yani en derin insani duyarlılıklarımızla rezonans kuran ve içinden doğdukları canlı dünyayı onurlandıran mekânlar yaratmak olduğunu güçlü bir şekilde hatırlatır. Bu yaklaşım, yalnızca sürdürülebilir binaları değil, aynı zamanda daha sürdürülebilir varoluş biçimlerini de şekillendirme vaadi taşır.

BÖLÜM KAYNAKLARI

1. LINDSAY JANE LONG (2015) On the Use and Meaning of Wood in Chinese Imperial Architecture, Department of the History of Art and Architecture and the Graduate School of the University of Oregon, Degree of Master of Arts <https://scholarsbank.uoregon.edu/items/c28d7a37-beee-4bf1-af25-b96b97799be9>
2. In the Cause of Architecture, IV: The Meaning of Materials—Wood | 2016-01-22, <https://www.architecturalrecord.com/articles/11509-in-the-cause-of-architecture-iv-the-meaning-of-materialswood>
3. PALLASMAA, J. An Architecture of the Seven Senses, https://marywoodthesisresearch.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/03/an-architecture-of-the-seven-senses_pallasmaa.pdf
4. A sense of Architecture in the field of Phenomenology - RTF | Rethinking The Future, <https://www.rethinkingthefuture.com/architectural-community/a13324-a-sense-of-architecture-in-the-field-of-phenomenology/>
5. Lestari, L., & Ikaputra, I. (2024). Toward Sustainable Construction Using Wood Material: A Review of Indicator-based Sustainability Assessments. *International Journal of Environment, Architecture, and Societies*, 4(02), 77-90. <https://doi.org/10.26418/ijeas.2024.4.02.77-90>.
6. Wood is a renewable resource, while steel and concrete, are not., <https://www.hh2.com/construction-financial-management/should-wooden-construction-be-considered-sustainable>
7. Why is Wood Superior to Concrete and Steel? - Olympic Industries, <https://olympicind.com/article/why-is-wood-superior-to-concrete-and-steel/>

8. Toward Sustainable Construction Using Wood Material - International Journal of Environment, Architecture, and Societies, https://ijeas.untan.ac.id/index.php/home/article/download/lestari_ikaputra_v4n2/lestari_ikaputra_v4n2/1795
9. Which factors influence consumers' selection of wood as a building material for houses?, <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjfr-2023-0197>
10. Rebuilding the Environment by Building with Wood – Debating Science, UMass Amherst, <https://websites.umass.edu/natsci397a-cross/rebuilding-the-environment-by-building-with-wood/>
11. Phenomenology, Place, Environment and Architecture: A Review of the Literature, <http://environment-ecology.com/environment-and-architecture/113-phenomenology-place-environment-and-architecture-a-review-of-the-literature.html>
12. A phenomenological study of spatial experiences without sight and critique of visual dominance in architecture - LABSIMURB, https://www.labsimurb.polimi.it/11EAEA/T02/paper/EAEA11_PAPER_T02_BASYAZICI_KULAC.pdf
13. Architecture and Phenomenology, ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/372202720_Architecture_and_Phenomenology
14. Phenomenology, Architecture and the Built World, https://www.researchgate.net/publication/314656452_Phenomenology_Architecture_and_the_Built_World
15. Building With Wood Grain, Psychology Today, <https://www.psychologytoday.com/us/blog/people-places-and-things/202001/building-with-wood-grain>
16. Wood in Interior Design: How Natural Materials Affect Mood and Well-Being, <https://findthehomepros.com/wood-in-interior-design-how-natural-materials-affect-mood-and-well-being/>

17. Physiological and psychological effects of wooden materials used in mobile spaces with sustainable alternative living spaces on human health -ResearchGate,
https://www.researchgate.net/publication/387303136_Physiological_and_psychological_effects_of_wooden_materials_used_in_mobile_spaces_with_sustainable_alternative_living_spaces_on_human_health
18. Wooden Heritage in Lithuania,
https://www.kpd.lt/uploads/wooden_architecture.pdf
19. Juhani Pallasmaa – BIG SEE, <https://bigsee.eu/juhani-pallasmaa/>
20. Key Texts of Juhaani Pallasmaa : A comparative - artanmayeewagle - WordPress.com, <https://artanmayeew.wordpress.com/2019/03/27/key-texts-of-juhaani-pallasmaa-a-comparative/>
21. Analysis of Senses Relating To Architecture: Author/s: Juhani Pallasmaa, <https://www.scribd.com/document/415580117/Essay-Paper>
22. Building Dwelling Thinking,
https://www.wwf.gr/images/pdfs/pe/katoikein/Filosofia_Building%20Dwelling%20Thinking.pdf
23. Heidegger's Concept of Dwelling and The Spatial Relations Between Architecture And Contemporary Art In Two Artworks At Instituto Inhotim (Brazil)1, Redalyc,
<https://www.redalyc.org/journal/3517/351763496010/html/>
24. Christian Norberg-Schulz, landscape theory,
<https://landscapetheory1.wordpress.com/tag/christian-norberg-schulz/>
25. Architecture and Identity | Autoportret - pismo o dobrej przestrzeni,
<https://www.autoportret.pl/en/artykuly/architecture-and-identity/>
26. Biophilic Design in Architecture: Impacts on Well-being - Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology,
<https://www.propulsiontechjournal.com/index.php/journal/article/download/5186/3553/8984>

27. Biophilia Hypothesis: The basis of Biophilic Design - ArchPsych., <https://www.archpsych.co.uk/post/biophilia-hypothesis-and-biophilic-design>
28. Biophilic Design: the Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life, https://www.researchgate.net/publication/269861461_Biophilic_Design_the_Theory_Science_and_Practice_of_Bringing_Buildings_to_Life
29. Understanding the Biophilia Hypothesis - TerraMai, <https://www.terramai.com/blog/understanding-biophilia-hypothesis/>
30. Biophilic design, https://en.wikipedia.org/wiki/Biophilic_design
31. Full article: An inquiry into the application of biophilic design principles in contemporary university designs, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13467581.2025.2472743>
32. What Are the Benefits of Biophilic Design? - INTEGRIS Health, <https://integrishealth.org/resources/on-your-health/2024/january/biophilic-design>
33. Biophilic design - interiors inspired by nature — wellness design consultants, Biofilico, <https://biofilico.com/news/interior-design-inspired-by-nature-biophilia>
34. Wood's Health and biophilia | Building & Construction, , <https://www.naturallywood.com/wood-performance/health-biophilia/>
35. Xing Y, Stevenson N, Thomas C, Hardy A, Knight A, Heym N, Sumich A. Exploring biophilic building designs to promote wellbeing and stimulate inspiration. PLoS One. 2025 Mar 4;20(3):e0317372. doi: 10.1371/journal.pone.0317372. PMID: 40036233; PMCID: PMC11878902. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11878902/>
36. Biophilic Design Guide – Kellert's principles and the benefits of nature - DesignWanted, <https://designwanted.com/biophilic-design-guide-kellerts-principles/>

37. Simulated Biophilic Design → Term - Lifestyle → Sustainability Directory, <https://lifestyle.sustainability-directory.com/term/simulated-biophilic-design/>
38. Biophilic Design Aesthetics → Term - Lifestyle → Sustainability Directory, <https://lifestyle.sustainability-directory.com/term/biophilic-design-aesthetics/>
39. Barbiero G and Berto R (2021) Biophilia as Evolutionary Adaptation: An Onto- and Phylogenetic Framework for Biophilic Design. *Front. Psychol.* 12:700709. doi: 10.3389/fpsyg.2021.700709, <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2021.700709/full>
40. Joye, Y., & De Block, A. (2011). 'Nature and I are Two': A Critical Examination of the Biophilia Hypothesis. *Environmental Values*, 20(2), 189-215. <https://doi.org/10.3197/096327111X12997574391724> (Original work published 2011), https://www.researchgate.net/publication/233564277_'Nature_and_I_are_Two'_A_Critical_Examination_of_the_Biophilia_Hypothesis
41. Using Low-Impact Materials: Sustainable Woods | asla.org, , <https://www.asla.org/sustainablewoods.aspx>
42. A Biomimetic Revolution Driving Sustainable Construction Today and Beyond - ArchDaily, <https://www.archdaily.com/1023755/a-biomimetic-revolution-driving-sustainable-construction-today-and-beyond>
43. Yacubov, Michael, "Nature Does It Better: Biomimicry in Structural and Architectural Design" (2020). Renée Crown University Honors Thesis Projects - All. 1772, https://surface.syr.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2671&context=honors_capstone
44. Biomimicry in Architecture: 10 Nature-Inspired Examples - The Overview, <https://www.theoverview.art/biomimicry-in-architecture-examples/>

45. Bijari, M., Aflaki, A., & Esfandiari, M. (2025). Plants Inspired Biomimetics Architecture in Modern Buildings: A Review of Form, Function and Energy. *Biomimetics*, 10(2), 124. <https://doi.org/10.3390/biomimetics10020124>
46. Tončíková, Z., Csúzová, K. The Emulation Of Biomimetic Properties Of Wood By Creating A Database Of Abstracted Design Principles, *ACTA FACULTATIS XYLOLOGIAE ZVOLEN*, 64(2): 97–108, 2022 Zvolen, Technical University in Zvolen, DOI: 10.17423/afx.2022.64.2.10
47. P. Alam, 14 - Biomimetic composite materials inspired by wood, Editor(s): Martin P. Ansell, *Wood Composites*, Woodhead Publishing, 2015, Pages 357-394, ISBN 9781782424543, <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-454-3.00014-7>.
48. Nature's Blueprint: Strong by Form's Biomimetic Wood Aesthetic - Tocco.earth, <https://tocco.earth/article/nature-blueprint-strong-by-form-biomimetic-wood-aesthetic/>
49. The Power of Natural Wood | Sustainable Development of Ultralight, High-Performance Materials, <https://www.youtube.com/watch?v=Rv2CQjrw4tY>
50. Yu ZL, Yang N, Zhou LC, Ma ZY, Zhu YB, Lu YY, Qin B, Xing WY, Ma T, Li SC, Gao HL, Wu HA, Yu SH. Bioinspired polymeric woods. *Sci Adv*. 2018 Aug 10;4(8):eaat7223. doi: 10.1126/sciadv.aat7223. PMID: 30105307; PMCID: PMC6086613.
51. Correa, D., Krieg, O.D., Meyboom, A. (2019). Beyond Form Definition: Material Informed Digital Fabrication in Timber Construction. In: Bianconi, F., Filippucci, M. (eds) *Digital Wood Design. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 24. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8_2.
52. Speck O, Speck T. An Overview of Bioinspired and Biomimetic Self-Repairing Materials. *Biomimetics (Basel)*. 2019 Mar 20;4(1):26. doi: 10.3390/biomimetics4010026. PMID: 31105211; PMCID: PMC6477613. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6477613/>

53. Bioinspired Biobased Elastomeric Adhesive Using Diels–Alder Chemistry - ACS Publications,
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.5c00240>
54. Mastering Moisture: The Role of Vapor Pressure in Wood and Mass Timber Construction, <https://www.polygongroup.com/en-US/blog/mastering-moisture-the-role-of-vapor-pressure-in-wood-and-mass-timber-construction/>
55. Xiao, Z., Wang, L., Ge, H., Lacasse, M. A., & Defo, M. (2024). Assessing the Moisture Resilience of Wood Frame Wall Assemblies. *Buildings*, 14(11), 3634. <https://doi.org/10.3390/buildings14113634>.
56. Redesigning of building envelope: tree bark as a biomimicry concept - WIT Press,
<https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SDP15/SDP15086FU1.pdf>
57. Exploring design principles of biological and living building envelopes: what can we learn from plant cell walls?,
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17508975.2017.1394808>
58. Goyes-Balladares A, Moya-Jiménez R, Molina-Dueñas V, Chaca-Espinoza W, Magal-Royo T. What Inspires Biomimicry in Construction? Patterns, Trends, and Applications. *Biomimetics* (Basel). 2025 Apr 23;10(5):259. doi: 10.3390/biomimetics10050259. PMID: 40422090; PMCID: PMC12109145.
59. Hays N, Badarnah L and Jain A (2024) Biomimetic design of building facades: an evolutionary-based computational approach inspired by elephant skin for cooling in hot and humid climates. *Front. Built Environ.* 10:1309621. doi: 10.3389/fbuil.2024.1309621.
60. Liu L, Li L, Guo C, Ge Y, Chen Y, Zhang L. The Design of a Biomimetic Hierarchical Thin-Walled Structure Inspired by a Lotus Leaf and Its Mechanical Performance Analysis. *Materials* (Basel). 2023 May 31;16(11):4116. doi: 10.3390/ma16114116. PMID: 37297249; PMCID: PMC10254437.

61. Maveety, James Robert, Phenomenology in Dwelling: Culture and Meaning of Place; A Proposal for a Mountainside Dwelling, Master's Thesis, University of Tennessee, 2008.
<https://core.ac.uk/download/pdf/268808577.pdf>

2. Ahşap Yapıların Yaşam Döngüsünün ve Dairesel Ekonomi Modellerinin Teorik Bir İncelemesi

1. Ahşap Yapılarda Döngüsellik Zorunluluğu

1.1. İnşaat Sektörünün Çevresel Ayak İzi

İnşaat sektörü, doğal kaynaklar üzerinde önemli bir baskı oluşturarak ve sera gazı emisyonlarına orantısız bir şekilde katkıda bulunarak küresel çevre sorunlarının önemli bir parçasıdır. Bu endüstri her yıl küresel CO² emisyonlarının yaklaşık %40'undan, ham madde tüketiminin %30'undan ve küresel atıkların %40'undan sorumludur (1). Bu geniş bağlamda, yapıli çevre ise tek başına küresel CO² emisyonlarının yaklaşık %26'sına katkıda bulunmaktadır (3). Bu önemli çevresel etki, öncelikli olarak endüstrinin genellikle "al-yap-at" yaklaşımıyla tanımlanan doğrusal ekonomi modeline olan köklü bağımlılığına atfedilmektedir (2).

Bu çevresel yükün özellikle kritik bir yönü, bir bina inşa edildiği anda etkin bir şekilde "sabitlenen" gömülü karbon emisyonlarıdır (1). Bu durum, yeni inşaatlar sırasında yapılan malzeme seçimlerinden kaynaklanan acil ve uzun vadeli iklim etkisini vurgulamaktadır ve bu etkinin 2040 yılına kadar önemli ölçüde artması beklenmektedir (1). İnşaatla bağlantılı küresel emisyonların ve kaynak tüketiminin bu denli yüksek yüzdelerde olması, sadece sektörel bir sorunun ötesinde, yaygın bir sistemik probleme işaret etmektedir. Gömülü karbonun başlangıçta sabitlenmiş olması, binalarda operasyonel enerji verimliliğine odaklanmanın, her ne kadar önemli olsa da, iddialı net-sıfır hedeflerine ulaşmak için tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Bu durum, malzeme temini, tasarım pratikleri ve kullanım ömrü sonu yönetimi konularında temel bir yeniden değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır. İnşaat sektörünün mevcut gidişatı sürdürülemez olup, kaynak verimliliği ve atık azaltımına yönelik acil bir paradigma kayması gerektirmektedir. Bu bağlam, döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesinin neden sadece faydalı değil, aynı zamanda sektörün gelecekteki sürdürülebilirliği ve çevresel sorumluluğu için bir zorunluluk olduğunu ortaya koymaktadır.

1.2. Döngüsel Ekonomi ve Ahşabın Rolü

Döngüsel ekonomi (DE), geleneksel ekonomik üretim-tüketim sistemleriyle ilişkili olumsuz dışsallıkları azaltırken, malzeme ve değer kaybını en aza indirmek için tasarlanmış sistematik ve stratejik bir çerçeve sunar (6). Bu

çerçevenin kökleri, endüstriyel ekoloji, yenileyici tasarım ve "beşikten beşiğe" tasarım felsefesi gibi yerleşik araştırma temalarına dayanmaktadır (7). Özünde, DE ilkeleri atık ve kirliliği tasarım yoluyla ortadan kaldırmayı, ürünleri ve malzemeleri mümkün olduğunca uzun süre kullanımda tutmayı ve doğal sistemleri aktif olarak yenilemeyi savunur (5). Bu yaklaşım, doğrusal modelin tek kullanımlık tüketime ve doğası gereği kısa ürün yaşam döngülerine odaklanmasının tam karşısında yer alır.

Ahşap, bu dönüştürücü çerçeve içinde benzersiz bir konuma sahip bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Çok yönlü, yenilenebilir ve doğal olarak düşük karbonlu bir kaynak olması, onu döngüsel ekonomi hedeflerini ilerletmek ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için mükemmel bir seçenek haline getirmektedir (8). Ahşap ürünler, DE içindeki teknik ve biyolojik malzeme döngülerinin kesişim noktasında, hem biyoekonomide hem de döngüsel karbon ekonomisinde merkezi bir rol oynayarak ilgi çekici bir fırsat sunar (6). Ahşabın DE uygulamaları için ideal, mükemmel ve merkezi bir malzeme olarak sürekli vurgulanması, basit bir uyumluluktan daha fazlasını ifade eder; yenilenebilirlik, önemli karbon tutma kapasitesi ve yeniden kullanım ile geri dönüşüme olan doğal uygunluğu gibi içsel özellikleri, onu döngüsellik için doğal ve güçlü bir seçenek kılar (8). Biyoekonomide (yenilenebilir bir kaynak olarak) ve döngüsel karbon ekonomisinde (uzun vadeli bir karbon deposu olarak) üstlendiği ikili rol, stratejik önemini artırmaktadır. Ahşap, sadece DE içinde yönetilecek bir malzeme değil, aynı zamanda daha sürdürülebilir bir yapıyı çevreye geçişi aktif olarak kolaylaştıran ve hızlandıran bir unsurdur. Karbon depolama ve çoklu kullanımlar boyunca döngüye sokulabilme kapasitesi, onu iklim değişikliğini hafifletme ve kaynak tükenmesini azaltmada kilit bir çözüm olarak konumlandırmaktadır.

2. Ahşap Yaşam Döngüsü Analizinde Doğrusal ve Döngüsel Yaklaşımlar

2.1. Ahşap Yapılar için Geleneksel “Beşikten Mezara” YDA’nın Sınırlılıkları

Geleneksel "beşikten mezara" Yaşam Döngüsü Analizi (YDA), kaynakların çıkarıldığı, ürünlere dönüştürüldüğü, kullanıldığı ve nihayetinde atık olarak bertaraf edildiği doğrusal bir "al-yap-at" paradigması içinde işler (4). Bu geleneksel yaklaşım, doğası gereği ürünün yaşam döngüsü boyunca önemli ölçüde kaynak tükenmesine, çevre kirliliğine ve yüksek karbon emisyonlarına yol açar (4). Bu model kapsamında tasarlanan ürünler tipik olarak tek kullanımlık ve önceden belirlenmiş bir ömür için tasarlanır ve genellikle onarım veya yeniden kullanılabilirlik özelliklerinden yoksundur; bu da onların atık depolama sahalarına veya yakma tesislerine olan yolculuğunu kaçınılmaz olarak hızlandırır (5).

Ahşap yapılar için bu geleneksel YDA modelinin önemli bir sınırlılığı, ahşap malzemelerin hizmet ömrünün sonunda depolama sahalarına gönderilerek depoladıkları biyogenik karbonu atmosfere geri saldıkları yönündeki yaygın varsayımdır (11). Mevcut YDA araçları, yapı sektörünün karbon emisyonlarını azaltmada ahşabın gerçek potansiyelini doğru bir şekilde değerlendirmede kritik bir eksiklik olan bu varsayımı sıklıkla sürdürmektedir (13). Bu metodolojik yanlışlık, ahşabın gerçek çevresel faydalarını sistematik olarak olduğundan az göstermektedir. Ekonomik bir perspektiften bakıldığında, doğrusal model kısa vadeli maliyet verimliliğini ve yüksek üretim hacmini önceliklendirir (4). Kaynak tükenmesi ve kirlilik gibi uzun vadeli çevresel ve sosyal maliyetleri genellikle "dışsalıklar" olarak ele alır (4). Bu yaklaşım nihayetinde artan kaynak maliyetlerine, tedarik zinciri zafiyetlerine, daha yüksek atık yönetimi giderlerine ve bertaraf edilen malzemelerden kaynaklanan önemli bir ekonomik değer kaybına yol açar. "Beşikten mezara" modelinin temel kusuru, ahşabın uzatılmış karbon depolama ve çoklu yeniden kullanım döngüleri kapasitesiyle doğrudan çelişen atık varsayımında yatmaktadır. YDA araçlarının kendilerinin dahi masif ahşap için döngüsel kullanım ömrü sonu senaryolarını hesaba katamaması, kritik bir metodolojik sınırlılığı ortaya koymaktadır. Bu sadece kavramsal bir gözden kaçırma değil, ahşabın çevresel

performansını aktif olarak yanlış temsil eden pratik ve hesaplama dayalı bir hatadır. Sonuç olarak, hâkim değerlendirme çerçeveleri doğası gereği doğrusal bir ekonomi için tasarlanmıştır ve bu da ahşap gibi döngüsel malzemelerin tam çevresel ve ekonomik avantajlarını gizlemektedir. Bu nedenle, döngüsellliği doğru bir şekilde yakalamak ve teşvik etmek için YDA metodolojilerinde temel bir değişim gerekmektedir; bu değişim, salt "bertaraf" varsayımlarının ötesine geçerek malzeme değerinin korunmasını tanımalıdır.

2.2. “Beşikten Beşiğe” Döngüsel Ekonomi Modellerinin Teorik Avantajları ve İlkeleri

"Beşikten beşiğe" (C2C) konsepti, malzemelerin sürekli olarak yeniden kullanıldığı ve yenilendiği bir sistem önererek geleneksel sürdürülebilirlik paradigmasının ötesinde derin bir ilerlemeyi temsil eder. Bu yaklaşım, temel olarak atığı ortadan kaldırmayı ve çevresel etkiyi en aza indirmeyi hedefler (10). C2C tasarımı, bir ürünün başlangıcından nihai yeniden kullanımına veya geri dönüşümüne kadar tüm yaşam döngüsünü göz önünde bulundurmaya gerektirir ve malzemelerin ya güvenli bir şekilde biyolojik olarak parçalanıp doğal sistemler tarafından emilmesini ya da kalitesinde herhangi bir düşüş olmaksızın geri dönüştürülebilir olmasını sağlar (10). Bu, geleneksel "atık bertarafı" aşamasını bir "ham madde çıkarma" aşamasına dönüştürerek döngüyü etkin bir şekilde "kapatır" (14).

C2C ilkelerini Yaşam Döngüsü Analizi'ne (YDA) entegre etmenin temel faydaları arasında, yeniden kullanılan ve geri dönüştürülen bileşenlerden kaynaklanan çevresel etkilerde önemli bir azalma ve uzatılmış bir ürün ömrü boyunca genel etkilerde bir düşüş yer alır (14). Özellikle, yeniden kullanılan malzemeler, YDA'da kesme (cut-off) yaklaşımı gibi yöntemlerle değerlendirildiğinde, işlenmemiş malzeme üretim ihtiyacını ortadan kaldırdıkları için "sıfır etki katkısına" sahip olarak kabul edilebilirler (14). Ahşap, doğal biyobozunurluğu ve geri dönüştürülebilirliği sayesinde C2C ilkeleri için benzersiz bir şekilde ideal bir malzeme olarak konumlanmakta ve döngüsel ekonomiye sorunsuz bir şekilde entegre olmaktadır (10). Büyüme evresinde karbonu tutma ve binalar içinde saklama kapasitesi, C2C'nin yenileyici hedefleriyle daha da uyumlu hale gelerek iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunur (10). C2C felsefesi, sadece zararı en aza indiren

"daha az kötü" bir yaklaşımın ötesine geçer; kaynakları ve değeri yenilemeye odaklanan "daha çok iyi" bir felsefeyi benimser (10). "Atık bertarafının" "ham madde çıkarımı" olarak bu kavramsal yeniden tanıımı (14), tüketen bir sistemden yenileyici bir sisteme temel bir kaymayı ifade eder. Ahşap için bu, içsel biyolojik ve teknik döngü potansiyellerinin tam olarak kullanılması, değerinin korunmasının ve çevresel faydalarının en üst düzeye çıkarılması anlamına gelir. Böylece C2C, ahşabın döngüsel bir ekonomi içindeki optimal rolü için sağlam bir teorik temel sağlar ve basit malzeme geri dönüşümünün ötesinde, sürekli değer yaratma ve doğal yenilenmenin bütünsel bir sistemine doğru ilerler. Bu durum ahşabı sadece sürdürülebilir bir malzeme olarak değil, aynı zamanda gerçekten yenileyici bir ekonomik sistemin kilit bir kolaylaştırıcısı olarak konumlandırır.

2.3. Çevresel ve Ekonomik Etkilerin Karşılaştırmalı Analizi

Doğrusal ve döngüsel yaklaşımların karşılaştırmalı bir analizi, özellikle ahşap yapılar için belirgin çevresel ve ekonomik sonuçlar ortaya koymaktadır.

Çevresel Etki: Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) çalışmaları, geri dönüştürülmüş malzemeleri ve sökülme için tasarımı içeren döngüsel inşaat stratejilerinin, binaların çevresel ayak izini doğrusal yaklaşımlara kıyasla önemli ölçüde azalttığını tutarlı bir şekilde göstermektedir (4). Özellikle masif ahşap binalar, işlevsel olarak eşdeğer geleneksel beton veya çelik sistemlerle karşılaştırıldığında daha düşük gömülü karbon ve diğer çevresel etkiler sergilemektedir (16). Örneğin, bir çalışma, bir masif ahşap binanın 60 yıllık bir yaşam süresi boyunca beton bir binaya göre %12 daha düşük sera gazı (GHG) emisyonu sağlayabildiğini ve kullanım ömrü sonu geri dönüşümünün önemli bir karbon dengelemesi sağladığını bulmuştur (17). Döngüsel ahşabın bu açık çevresel üstünlüğü, azaltılmış GHG emisyonları ve en aza indirilmiş atık üretiminde belirgindir.

Ekonomik Model: Doğrusal ekonomi, öncelikli olarak kısa vadeli maliyet verimliliğini hedefleyen hacim tabanlı bir ekonomik model üzerinde çalışır (4). Ancak bu yaklaşım, artan kaynak maliyetleri, tedarik zinciri kesintileri ve önemli atık yönetimi giderleri gibi doğal ekonomik zafiyetlere yol açar (5). Buna karşılık, döngüsel ekonomi temel olarak değer tabanlıdır ve uzun vadeli

önemli ekonomik faydalar sağlamak üzere tasarlanmış kaynak verimliliği ve hizmet modellerini vurgular (4). Masif ahşap inşaatın başlangıç maliyetleri bazen daha yüksek olabilse de - bir çalışma, masif ahşap bir bina için %9.6 daha yüksek bir toplam yaşam döngüsü maliyeti olduğunu ve bunun ağırlıklı olarak başlangıçtaki malzeme maliyetlerinden kaynaklandığını belirtmiştir (17) - stratejik tasarım seçimleri ve yerel kaynak kullanımı maliyet rekabetçiliğini önemli ölçüde artırabilir (17). Ayrıca döngüsellik, dayanıklılığı ve sağlam malzeme geri kazanımını teşvik eden performansla dayalı sözleşme gibi yeni iş modellerinin ortaya çıkmasını teşvik eder (4). Döngüsel ahşabın açık çevresel avantajları ile genellikle dairesel çözümler için daha yüksek başlangıç maliyetlerini vurgulayan ekonomik argüman arasında kritik bir gerilim mevcuttur. Ancak, değerin korunması, artan tedarik zinciri dayanıklılığı, azaltılmış atık bertaraf maliyetleri ve yeni pazar fırsatlarının yaratılması gibi uzun vadeli ekonomik faydalar oldukça büyüktür (4). Zorluk, başlangıç maliyetlerini önceliklendirme ve uzun vadeli çevresel ve sosyal etkileri dışsallaştırma eğiliminde olan hâkim ekonomik çerçevede yatmaktadır. Bu nedenle, döngüsel ahşap inşaata başarılı bir geçiş, ekonomik değerlemede temel bir değişim gerektirir; bu da kısa vadeli maliyet minimizasyonundan uzun vadeli değer maksimizasyonuna geçmektir. Bu, çevresel maliyetleri içselleştiren ve döngüsel uygulamaları aktif olarak teşvik eden hedefli politika müdahaleleri ve yenilikçi pazar mekanizmaları gerektirir, böylece çevresel olarak sorumlu seçimi tüm yaşam döngüsü boyunca ekonomik olarak da rasyonel bir seçim haline getirir.

2.4. Ahşap için Doğrusal ve Döngüsel YDA Modellerinin Karşılaştırılması

Özellik	Doğrusal İnşaat Modeli (Beşikten Mezara)	Döngüsel İnşaat Modeli (Beşikten Beşiğe)
Tasarım Felsefesi	Tek kullanımlık ve belirli bir ömür için tasarım (4)	Sökülebilirlik, uyarlanabilirlik ve çoklu yaşam döngüleri için tasarım (4)
Ekonomik Model	Hacim tabanlı; verimlilik ve kısa vadeli maliyet odaklı (4)	Değer tabanlı; kaynak verimliliği, hizmet modelleri ve uzun vadeli fayda odaklı (4)
Çevresel Etki	Yüksek kaynak tüketimi, kirlilik ve karbon emisyonları (4)	Daha düşük çevresel etki, azaltılmış emisyonlar ve kaynak yenilenmesi (4)
Kullanım Ömrü Sonu Senaryoları	Bertaraf (depolama veya yakma), kaynak kaybına ve toksik kirliliğe yol açar (5)	Yeniden kullanım, geri dönüşüm, yenilenme, sürekli malzeme akışı, karbon depolama (5)

3. Ahşap Yapılar için Söküm Odaklı Tasarımın (DfD) Teorik Temelleri

3.1. Ahşap Yapılarda Söküm Odaklı Tasarımın (DfD) Temel İlkeleri ve Hedefleri

Söküm Odaklı Tasarım (DfD), binaların ilk hizmet ömürlerinin sonunda yapı bileşenlerinin kolayca sökülmesini, geri kazanılmasını ve ardından yeniden kullanılmasını kolaylaştırarak çevresel etkilerini en aza indirmeyi özel olarak amaçlayan ilerici bir tasarım yaklaşımıdır (15). DfD hareketinin nihai hedefi, kullanım ömrü sonuna gelmiş yapı malzemelerini sorumlu bir şekilde yönetmek, böylece işlenmemiş ham madde tüketimini en aza indirmektir (19). Bu yaklaşım, malzemelerin işlevsel ömrünü etkili bir şekilde uzatır, atık

üretimini önemli ölçüde azaltır ve yapıların uzun vadeli uyarlanabilirliğini ve bakımını destekler (18).

DfD, kavramsal olarak "Adaptasyon için Tasarım", "Yeniden Kullanım için Tasarım", "Geri Dönüşüm için Tasarım", "Onarılabilirlik için Tasarım", "Ürün Kurtarma için Tasarım" ve "Kullanım Ömrü Sonu için Tasarım" gibi daha geniş bir "...İçin Tasarım" ilkeleri ailesiyle iç içedir (19). DfD'nin temel bir ilkesi, bir binanın malzemelerinde gömülü olan değer, bileşenler sadece daha düşük değerli geri dönüşüm süreçlerine tabi tutulmak yerine (19), sökülüp doğrudan yeniden kullanıldığında daha etkili bir şekilde korunduğu anlayışıdır. Ahşap yapılar için DfD, özel bir önem taşır çünkü hâkim geleneksel tasarım uygulamaları, ahşap bileşenlerin ekonomik olarak geri kazanılamadığı ve bunun yerine depolama sahalarına veya yakma tesislerine gönderildiği durumlarda, depolanmış karbonun erken salımına yol açmaktadır (11). DfD sadece reaktif bir atık yönetimi stratejisi değildir; gelecekteki değeri korumak ve en üst düzeye çıkarmak için proaktif bir yaklaşımı temsil eder. Malzemelerin geri dönüştürüldüğünden daha çok yeniden kullanıldığında daha fazla değer koruduğu vurgusu (19), DfD'nin en yüksek malzeme geri kazanım biçimini hedeflediğini gösterir. Bu konsept, bir binayı geçici bir yapıdan, gömülü enerji ve kaynakların faydasını uzatan gelecekteki inşaatlar için bir "malzeme bankasına" dönüştürür. DfD, tasarım paradigmasını temelden "ürün merkezli" bir görüşten (inşa et ve at) "yaşam döngüsü merkezli" bir görüşe (sürekli fayda için tasarım) kaydırır. Bu, ahşabın doğal yeniden kullanılabilirlik ve karbon depolama potansiyelinden yararlanarak, sadece yenilenebilir bir malzeme kullanmanın ötesine geçip maksimum döngüsel faydasını sağlamak için elzemdir.

3.2. Sökümü ve Yeniden Kullanımı Kolaylaştıran Metodolojiler ve Tasarım Stratejileri

Ahşap yapılarda Söküm Odaklı Tasarımın (DfD) uygulanması, yapı bileşenlerinin geri kazanımını ve yeniden kullanımını kolektif olarak kolaylaştıran birkaç birbiriyle bağlantılı metodoloji ve tasarım stratejisine dayanır.

Temel bir ilke, **yapıştırıcılar yerine mekanik bağlantı elemanlarının** tercih edilmesidir. Yapıştırılmış bağlantılar, ayırma sırasında elemanlara zarar verdiği

için genellikle yeniden kullanım için uygun değildir (20). Modern inşaatlarda yapıştırmacıların ve geri döndürülemez bağlantı elemanlarının yaygın kullanımı, sökümü önemli ölçüde engeller ve genellikle zor veya imkânsız hale getirir (11).

Modülerlik ve prefabrikasyon, DfD'nin temel kolaylaştırıcılarıdır. Binaları kolayca monte edilebilir ve sökülebilir modüller olarak tasarlamak çok önemlidir (15). Kontrollü ortamlarda saha dışında üretilen prefabrike ahşap bileşenler, daha yüksek hassasiyet ve kalite sağlar ve DfD'ye uygun konektörlerin hassas bir şekilde takılmasına olanak tanır (15). Bu yaklaşım hem ilk montajı hem de sonraki sökülme işlemlerini kolaylaştırır (18).

Bileşenlerin ve arayüzlerin standardizasyonu, inşaatı ve gelecekteki sökülme daha da basitleştirerek malzeme geri kazanım potansiyelini artırır (18).

DfD ile yakından ilişkili olan **Adaptasyon için Tasarım (DfA)**'dır. DfA, gelişen kullanıcı ihtiyaçlarına ve çevresel değişikliklere kolayca uyum sağlayabilen yapılar oluşturmaya odaklanarak binanın genel ömrünü uzatır (24). Bu, ölçekte kolay ayarlama için tasarım yapmayı, bileşenler arasında birlikte çalışabilirliği teşvik etmeyi, erişilebilir bakım noktaları sağlamayı, geniş, engelsiz alanlar için yapısal yerleşimleri optimize etmeyi ve hasar olmadan geçici montaj ve demontaja izin vermeyi içerir (24).

Sistemlerin ayrılması bir diğer hayati stratejidir. Bu, farklı hizmet ömrüne sahip yapı elemanlarının (örneğin, kaplama ve taşıyıcı elemanlar) belirgin ve kolayca ayrılabilir olacak şekilde tasarlanmasını içerir. Bu, daha kısa ömürlü elemanların ana yapıya zarar vermeden onarılmasına veya yükseltilmesine olanak tanır (12). Benzer şekilde, bina servisleri yapısal bileşenler veya şaplarla bütünleştirilmekten kaçınılarak özel bölgelerde yönlendirilmelidir (12).

Malzeme seçimi kritik öneme sahiptir ve dayanıklı, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelere öncelik verilir (15). Bazı durumlarda, dayanıklılığı ve doğrudan yeniden kullanım potansiyelini artırmak için masif ahşap bileşenler, işlenmiş ahşap ürünlere tercih edilebilir (23).

Son olarak, **dijital araçlar ve kapsamlı dokümantasyon** vazgeçilmezdir. Yapının ömrü boyunca sürekli güncellenen "dijital ikizinin" oluşturulması ve sürdürülmesi, gelecekteki sökülme için paha biçilmez bir kaynak sağlar. Bu

dijital ikiz, elemanların düzeni ve konumu, kullanılan malzemeler, tasarım ve bağlantı yükleri ve tescilli ürün verileri hakkında kapsamlı bilgiler depolayabilir; bunların tümü verimli bir gelecek sökümü için çok önemlidir (12). Ayrıca, varsayılan sırayı, yöntemleri ve gerekli geçici işleri detaylandıran bir söküm planının başlangıçtaki tasarım dokümantasyonuna entegre edilmesi esastır (12).

Bu çeşitli DfD stratejileri izole değil, birbiriyle bağlantılı bir sistem oluşturur. Örneğin, mekanik bağlantı elemanlarının seçimi (11) doğrudan modülerliği (15) mümkün kılar ve bu da prefabrikasyonla (18) daha da geliştirilir. Bu modülerlik ve standardizasyon (18) daha sonra adaptasyon (24) konseptini doğrudan destekleyerek gelecekteki yeniden yapılandırmaya ve uzatılmış bina ömrüne olanak tanır. Dijital ikiz (12), bu karmaşık karşılıklı bağımlılıkları yönetilebilir ve izlenebilir kılan kritik bir bilgi omurgası görevi görür. Ahşap için etkili DfD, bu nedenle, en küçük bağlantı detayından genel yapısal yerleşime kadar her kararın gelecekteki tüm yaşam döngüsü göz önünde bulundurularak alındığı bütünsel, entegre bir tasarım yaklaşımı gerektirir. Bu, sadece "sürdürülebilir malzemeler" seçmenin ötesine geçerek, ahşabın doğal döngüsel potansiyelini en üst düzeye çıkaran "sürdürülebilir sistemler" yaratmaya yönelir.

3.3. Pratik Uygulamadaki Faydalar ve Zorluklar

Ahşap yapılarda Söküm Odaklı Tasarımın (DfD) pratik uygulaması önemli faydalar sunmakla birlikte dikkate değer zorluklarla da karşılaşmaktadır.

Faydalar: DfD'nin hem yıkım hem de yeni inşaat aşamalarında önemli ölçüde atık azalmasına yol açtığı kanıtlanmıştır (15). İşlenmemiş malzeme talebini önemli ölçüde azaltarak doğal kaynakları korur (15) ve malzeme üretimi ve atık bertarafı ile ilişkili daha düşük sera gazı emisyonlarına katkıda bulunur (15). Ekonomik olarak, DfD malzeme tedariki ve atık bertarafı ile ilgili maliyet tasarrufları sağlayabilir (15). DfD ilkeleriyle tasarlanan binalar, doğal uyarlanabilirlikleri ve sürdürülebilirlik özellikleri nedeniyle daha yüksek mülk değerlerine sahip olabilir (15) ve atık yönetimi ile ilişkili yükümlülükleri azaltabilirler (15). Ayrıca DfD, ahşabın yapılı çevredeki kritik karbon depolama kapasitesini uzatarak karbonu daha uzun süreler boyunca kilitli tutar (26).

Zorluklar: Bu açık avantajlara rağmen, yaygın DfD uygulamasının önünde birkaç engel bulunmaktadır. DfD için gerekli özel tasarım ve malzemelerle ilişkili potansiyel olarak daha yüksek başlangıç maliyetleri olabilir (15). Şu anda, DfD uygulamalarına yönelik "sınırlı pazar talebi" vardır, bu da yaygınlaşmalarını engelleyebilir (15). Teknik zorluklar arasında kolay söküm için özel olarak tasarlanmış uygun bağlantı elemanlarının eksikliği bulunmaktadır (2). Sektör çapındaki diğer sorunlar arasında dayanıklılıkla ilgili endişeler (2), uygulayıcılar arasında döngüsel ekonomi tasarım yöntemleri hakkında yetersiz bilgi (2), malzeme geri kazanımı için değer zincirindeki eksik aktörler (2), geri kazanılmış ahşap için gelişmemiş bir pazar (2) ve döngüsel uygulamaları destekleyen yetersiz düzenleyici gereklilikler (2) yer almaktadır. Dahası, mevcut yapı yönetmelikleri, ahşap da dahil olmak üzere birçok malzemenin doğrudan yapısal olarak yeniden kullanımını kolayca karşılamayabilir (11). İşlenmiş ahşap ürünlerde yapıştırıcıların yaygın kullanımı, yapısal performans sağlarken, bu malzemelerin depolanan karbonu serbest bırakmadan kolayca yongalanamaması, yakılamaması veya daha küçük yapısal ürünlere dönüştürülememesi nedeniyle gelecekteki yeniden kullanım potansiyellerini maalesef sınırlayabilir (11).

Bu durum, açık çevresel ve uzun vadeli ekonomik avantajlara rağmen, DfD'nin daha yüksek başlangıç maliyetleri, sınırlı pazar talebi ve entegre bir düzenleyici ve tedarik zinciri desteğinin eksikliği gibi önemli başlangıç engelleriyle karşılaştığını ortaya koymaktadır (2). Bu, teorik faydaların acil pratik ve ekonomik caydırıcılıklara karşı mücadele ettiği kritik bir dönem yaratır. İşlenmiş ahşaptaki yapıştırıcıların oluşturduğu özel teknik zorluk (13), yeniden kullanımın temel ilkesini doğrudan baltalayarak tasarımın yanı sıra malzeme inovasyonuna da ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Bu uygulama zorluklarının üstesinden gelmek, sadece devam eden teknolojik yenilikleri (örneğin, RING90C (18) gibi DfD'ye özgü bağlantı elemanları) değil, aynı zamanda başlangıç yatırımı ile uzun vadeli kazanımlar arasındaki boşluğu kapatmak için önemli politika müdahalelerini (örneğin, yapı yönetmeliklerinin uyarlanması (11)) ve pazar gelişimini içeren çok yönlü bir yaklaşım gerektirir. Bu, DfD'yi standart bir uygulama haline getirmek için hem pazar talebinden bir "çekme" hem de düzenlemeden bir "itme" gerekliliğine işaret etmektedir.

3.4. Ahşap Yapılar için Temel DfD İlkeleri ve Metodolojileri

İlke/Metodoloji	Uygulama/Açıklama	Ahşap Yapı için Faydaları	Zorluklar/Dikkat Edilmesi Gerekenler
Mekanik Bağlantı Elemanları	Yapıştırıcılar yerine (11) cıvata, vida veya özel konektörler (ör. RING90C) kullanın.	Bileşenlerin gerçek anlamda yeniden kullanılmasını sağlar, malzeme değerini korur, sökülüm sırasında hasarı en aza indirir (19).	Özel bağlantı detayları ve mühendislik gerektirir (18).
Modülerlik & Prefabrikasyon	Binaları standartlaştırılmış modüller ve saha dışında (15) üretilmiş bileşenlerle tasarlayın.	Daha hızlı inşaat, daha yüksek kalite kontrolü, sahada daha az atık, gelecekteki yeniden kullanımı kolaylaştırır (18).	Başlangıçtaki tasarım karmaşıklığı, nakliye ve montaj (22) için lojistik.
Standardizasyon	Ahşap elemanlar ve bağlantılar (18) için tutarlı boyutlandırma ve arayüzler kullanın.	Sökümü basitleştirir, malzeme geri kazanımını iyileştirir, yeniden montajda yardımcı olur (18).	Endüstri çapında anlaşma ve benimseme gerektirir (23).
Adaptasyon için Tasarım (DfA)	Yapıları zamanla (19) kolayca yeniden yapılandırılabilir, genişletilebilir veya işlev değiştirebilir şekilde tasarlayın.	Bina ömrünü uzatır, erken yıkım ihtiyacını azaltır, malzeme faydasını en üst düzeye çıkarır (24).	Tasarımda öngörü, başlangıçtaki karmaşıklık potansiyeli talep eder (24).
Sistemlerin Ayrılması	Taşıyıcı elemanlar, kaplama ve servisler (12)	Diğer yapı elemanlarını etkilemeden	Arayüzlerin dikkatli planlanmasını ve disiplinler arası

	için belirgin katmanlar veya bölgeler tasarlayın.	bakım ve yükseltmeleri kolaylaştırır, yapısal bütünlüğü korur (12).	koordinasyonu (12) gerektirir.
Dijital Araçlar & Dokümantasyon	Malzemeleri, bağlantıları ve özellikleri (12) detaylandıran yapının dijital ikizlerini (BIM tabanlı) oluşturun ve sürdürün.	Gelecekteki söküm, yeniden kullanım ve malzeme izlenebilirliği (12) için kritik bilgiler sağlar.	Veri yönetimi, gerçek zamanlı güncellemeler, platformlar arası standardizasyon (29).

4. Ahşap için Malzeme Pasaportlarının Kavramsal Çerçevesi ve Uygulanabilirliği

4.1. Bir Dijital Kimlik Aracı Olarak Malzeme Pasaportlarının Teorik Arka Planı ve Tanımı

Malzeme Pasaportları (MP), inşaat sektöründe döngüsel ekonomi ilkelerini ilerletmek için kritik bir uygulama aracı olarak ortaya çıkmıştır (29). Kavramsal olarak MP'ler, belirli ürünlerin ve bunların birleştirilmiş yaşam döngüsü verilerinin belgelenmesi için kapsamlı bir arayüz görevi gören dijital veri setleri veya dijital araçlar olarak tanımlanır (29). Malzemelerin ilk tedarik ve kullanımından yeniden kullanım veya geri dönüşüm potansiyellerine kadar olan yolculuklarını titizlikle izleyen bir "seyahat pasaportuna" benzetilebilirler (30).

MP'ler, bir ürünün teknik ve operasyonel özelliklerini sistematik olarak kaydeder ve üretim noktasından nihai olarak hizmet dışı bırakılmasına kadar tüm yaşam döngüsü boyunca fiziksel durumunu sürekli olarak izler (31). Bu süreç, bir bina stoğundan etkili bir şekilde bir "inşaat malzemeleri ve bileşenleri bankası" yaratır, bu da bir binanın ömrünün sonunda optimum yeniden amaçlandırma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım stratejilerinin geliştirilmesini kolaylaştırır (31). MP'lerin temel işlevi salt veri depolamanın ötesine geçer; temelde, malzemelerin tüm yaşam döngüsü boyunca eyleme geçirilebilir, şeffaf bilgiler sunmakla ilgilidir (29). Bu, malzemeleri anonim

bileşenlerden, bilinen özelliklere ve yeniden kullanım potansiyeline sahip izlenebilir varlıklara dönüştürür. Güçlü "malzeme bankası" analojisi, tüketime dayalı bir modelden varlık yönetimi ve değer koruma yaklaşımına temel bir geçişi ima eder. Bu nedenle Malzeme Pasaportları sadece teknolojik bir araç değil, aynı zamanda döngüsel ekonomi için temel bir kolaylaştırıcıdır ve şu anda verimli malzeme geri kazanımını ve yeniden kullanımını engelleyen kritik bilgi boşluğunu doldurur. Bu şeffaflık ve izlenebilirlik olmadan, Söküm Odaklı Tasarımın ve ahşabın kademeli kullanımının teorik faydaları büyük ölçüde gerçekleştirilemez durumda kalır.

4.2. Ahşap Malzeme Pasaportları için Gerekli Temel Bilgi Bileşenleri

Ahşap bileşenler için Malzeme Pasaportları (MP), döngüsel bir ekonomi içindeki faydalarını en üst düzeye çıkarmak amacıyla ideal olarak geniş bir kapsamlı bilgi yelpazesini içermelidir. Bu, ahşabın menşei, türü ve işleme geçmişi gibi temel ayrıntıları içerir (29).

Daha geniş anlamda, MP'lerin malzeme bileşimi, kalite, güvenlik sertifikaları, sürdürülebilirlik belgeleri, kullanım ve çalıştırma talimatları, özel söküm kılavuzları, gelecekteki yeniden kullanım potansiyeli, denetim ve kontrollerin bir geçmişi ve tam izlenebilirlik bilgileri hakkında ayrıntılı veriler içermesi öngörülmektedir (28).

Özellikle ahşap için bu, aşağıdaki gibi ayrıntılı bilgileri gerektirir:

- **Tam ahşap türü** (örneğin, ladin, meşe).
- Orman Yönetim Konseyi (FSC) veya Orman Sertifikasyonunu Onaylama Programı (PEFC) gibi sertifikalarla doğrulama da dahil olmak üzere **kaynağı**; bu, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarına bağlılığı gösterir (9).
- Gelecekteki yeniden kullanım seçeneklerini etkileyebilecek **uygulanan işlemlerin** (örneğin, yangın geciktiriciler, koruyucular) ayrıntıları.

- Katmanları ve yapıştırıcı türleri de dahil olmak üzere **işlenmiş ahşap ürününün türü** (örneğin, Çapraz Lamine Ahşap (CLT), Yapıştırılmış Lamine Ahşap (Glulam)).
- Denetimler veya dijital izleme yoluyla değerlendirilen **mevcut fiziksel durumu ve yapısal bütünlüğü**.

MP'ler için gerekli olan tür, menşe, işleme ve durum gibi ayrıntılı bilgiler, temel malzeme tanımlamasının ötesine geçer. Bu, her bir ahşap bileşenin doğal ve potansiyel değerini yakalamakla ilgilidir. Örneğin, türü ve işleme geçmişini bilmek, yapısal yeteneklerini, dayanıklılığını ve çeşitli yüksek değerli yeniden kullanım uygulamaları için uygunluğunu doğrudan bilgilendirir (29). Bu ayrıntı seviyesi, değerli ahşabın erişilebilir bilgi eksikliği nedeniyle düşük değerli geri dönüşüme tabi tutulmasını veya zamanından önce israf edilmesini önlemek için çok önemlidir. MP verilerinin kapsamlılığı ve doğruluğu, döngüsel ahşap akışlarında değer korumasını en üst düzeye çıkarma yeteneği ile doğrudan ilişkilidir. Algıyı jenerik "ahşap atığından" belirli, yüksek değerli "ahşap varlıklarına" kaydırarak daha kesin, karlı ve çevresel olarak faydalı döngüsel yollar sağlar.

4.3. Uygulanabilirlik ve Teknolojik Yaklaşımlar

Malzeme Pasaportlarının (MP) oluşturulması ve etkin yönetimi, çeşitli gelişmiş teknolojik yaklaşımların uygulanmasıyla giderek daha uygulanabilir hale gelmektedir. Bunlar arasında Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) tabanlı sistemler, blok zinciri tabanlı çözümler, özel platform tabanlı araçlar ve QR kodu/RFID tabanlı sistemler gibi fiziksel tanımlama yöntemlerinin yanı sıra Seviye(ler) (Level(s)) tabanlı yaklaşımlar da bulunmaktadır (28).

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), bir binanın dijital modeli içinde geometrik ve malzeme özelliklerini yakalamak için sağlam bir bilgi tabanı görevi görerek bu alanda merkezi bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (29). Ahşap karkas yapı sistemlerinde BIM tabanlı bir Malzeme Pasaportu modelinin başarılı bir şekilde uygulanması dikkate değer bir örnektir (28). Daha geniş anlamda dijitalleşme, veri yönetimini optimize etmek ve döngüsellik değerlendirmelerini

kolaylaştırmak için kritik öneme sahiptir ve çoklu malzeme döngüleri boyunca veri izlenebilirliğini önemli ölçüde artırır (29).

Ayrıca, Yapay Zekâ (AI), inşaatta döngüsel ekonomi için temel bir kolaylaştırıcı olarak kabul edilmektedir. AI uygulamaları, döngüsel ekonomi pratiklerinin verimliliğini önemli ölçüde artırabilir, malzeme yaşam döngülerini optimize etmek için tahmine dayalı analitik sağlayabilir ve hatta sökülme için tasarımın bazı yönlerini otomatikleştirebilir (29). Otomatik veri toplama ve gerçek zamanlı güncellemeler için AI'ı içeren "Dinamik Malzeme Pasaportları"nın geliştirilmesi, mevcut birçok MP uygulamasının statik doğasının üstesinden gelmek için bir çözüm olarak önerilmektedir (29). MP'lerin fizibilitesi ve ölçeklenebilirliği, bu ileri dijital teknolojilere içsel olarak bağlıdır. "Statik"ten "dinamik" MP'lere evrim (29), gerçek zamanlı güncellemeler ve otomatik veri toplama anlamına gelir; bu da MP'leri salt bir dokümantasyon aracından aktif, akıllı bir yönetim sistemine dönüştürür. AI'nın rolü (35), malzeme optimizasyonu için tahmine dayalı yetenekler önererek, reaktif atık yönetiminin ötesine geçip proaktif kaynak planlamasına doğru ilerler. Ahşap için döngüsel bir ekonominin yaygın olarak benimsenmesi ve etkinliği, sağlam bir dijital altyapıya bağlıdır. Bu, karmaşık döngüsel malzeme döngülerini ölçekte destekleyen akıllı, şeffaf bir bilgi akışı oluşturmak için BIM, blok zinciri ve AI gibi teknolojilere önemli yatırım ve sorunsuz entegrasyon gerektirir ve nihayetinde döngüsellik ekonomik olarak uygulanabilir ve operasyonel olarak verimli hale getirir.

4.4. Döngüsellik için Faydaları ve Yaygın Benimsenmenin Önündeki Zorluklar

Malzeme Pasaportları (MP), ahşap yapı sektöründe döngüsellik ilerletmek için çok sayıda fayda sunarken, yaygın olarak benimsenmeleri önemli zorluklarla engellenmektedir.

Faydalar: MP'ler, inşaat atığı yönetimi uygulamalarını önemli ölçüde geliştirir (31), bir ürünün döngüsellik ve sürdürülebilirlik potansiyelinin değerlendirilmesini kolaylaştıran ayrıntılı bilgiler sağlar (31). Geliştirilmiş malzeme takibi, daha verimli kaynak geri kazanımı ve bir binanın yaşam

döngüsü boyunca atıkların genel olarak azaltılmasını sağlarlar (28). Şeffaf veriler sunarak, MP'ler malzemelerin doğal değerini korumaya ve hatta artırmaya yardımcı olur, bu da geri kazanılmış ahşabı sonraki projeler için daha çekici hale getirir (30). Ayrıca, MP'lerin artan önemi, üreticiler daha uzun ömür, daha fazla dayanıklılık ve artırılmış geri dönüştürülebilirlik için tasarlanmış malzemeler üretmeye teşvik edildiğinden, sürdürülebilir üretim uygulamalarını teşvik eder (30). Tüketiciler için MP'ler şeffaflığı artırır ve ürünlerin sürdürülebilirlik kimlik bilgileri hakkında daha bilinçli satın alma seçenekleri sunar (32).

Zorluklar: Önemli potansiyellerine rağmen, MP'ler yaygın uygulamaya geçişte birkaç kritik engelle karşı karşıyadır. Birincil zorluk, oluşturulmalarında ve yönetilmelerinde yaygın olan "standardizasyon eksikliği"dir, bu da projeler ve platformlar arasında tutarsız veri toplanmasına yol açar (30). Veri sahipliği ve erişim hakları etrafındaki sorunlar büyük ölçüde çözülmemiş olup, yasal ve pratik karmaşıklıklar yaratmaktadır (30). Farklı dijital platformlar ve paydaşlar arasında etkili işbirliği ve birlikte çalışabilirlik de önemli bir zorluk teşkil etmektedir (30). Mevcut birçok MP uygulaması "statik"tir, güncellemeler için önemli manuel girdi gerektirir ve bir binanın yaşam döngüsündeki değişikliklerin gerçek zamanlı yansıması kapasitesinden yoksundur (28). Ek olarak, MP sistemlerini uygulamanın başlangıç maliyetleri, özellikle küçük işletmeler için bir engel teşkil edebilir (32).

MP'ler için teknolojik çözümler mevcut ve faydaları açıkça ifade edilmiş olsa da, birincil zorluklar teknik değil, organizasyonel, yasal ve yönetimle ilgilidir. Standardizasyon eksikliği, çözülmemiş veri sahipliği ve platformlar arası işbirliği sorunları (30), bireysel proje uygulamasının ötesine geçen sistemik engellere işaret etmektedir. Bu, teknolojik yeteneğin gerekli düzenleyici ve işbirlikçi çerçeveleri geride bıraktığını göstermektedir. Ahşap için Malzeme Pasaportlarının tam potansiyelini ortaya çıkarmak için, standardizasyonu zorunlu kılan, veri yönetişimini ele alan ve paylaşılan dijital altyapıyı teşvik eden endüstri çapında işbirliğine, sağlam politika geliştirmeye ve düzenleyici çerçevelere kritik bir ihtiyaç vardır. Bu, politika ve işbirlikçi çabaların ölçeklenebilir döngüsellliği sağlamak için teknolojik gelişmelerle aynı seviyeye gelmesi gereken sosyo-teknik bir zorluğa işaret etmektedir.

4.5. Ahşap için Malzeme Pasaportlarının Temel Veri Elemanları ve Döngüsellğe Katkısı

Bilgi Kategorisi	Ahşap için Özel Veri Noktaları	Döngüsellğe Katkısı
Kimlik & Menşe	Benzersiz Kimlik, Üretici, Üretim Tarihi, Tür, Kaynak (FSC/PEFC sertifikası) (9)	Yüksek değerli yeniden kullanım ve izlenebilirlik (29) için hassas malzeme tanımlaması sağlar.
Malzeme Özellikleri	Mukavemet Sınıfı, Yoğunluk, Nem İçeriği, Yangın Dayanımı, Termal Özellikler (29)	Belirli yapısal veya estetik yüksek değerli uygulamalar (31) için uygunluğu bildirir.
İşleme & Geçmiş	Uygulanan işlemler (ör. koruyucular), Kullanılan yapıştırıcılar, İmalat yöntemi (ör. CLT, Glulam), İlk uygulama (13)	Farklı döngüsel yollar (ör. yeniden kullanılabilirlik vs. geri dönüşüm) için uygunluğu ortaya çıkarır, potansiyel kirleticileri (13) tanımlar.
Mevcut Durum	Yapısal bütünlük değerlendirmesi, Kirlenme durumu, Onarım/bakım geçmişi (28)	Onarım, yenileme veya doğrudan yeniden kullanım kararlarına rehberlik eder, güvenlik ve performansı (31) sağlar.
Kullanım Ömrü Sonu Potansiyeli	Yeniden kullanım potansiyeli (ör. yapısal elemanlar, mobilya), Geri dönüşüm potansiyeli (ör. sunta, biyo-kompozitler için odun yongaları), Enerji geri kazanım potansiyeli (31)	Kademeli kullanımı optimize eder, malzemelerin en yüksek değerli yollara (31) yönlendirilmesini sağlar.
İzlenebilirlik	Dijital izleme mekanizmaları (QR/RFID kodları), BIM entegrasyonu, Blok zinciri kaydı (28)	Yaşam döngüsü boyunca hesap verebilirlik, şeffaflık ve verimli bilgi akışı (29) sağlar.

5. Kademeli Kullanım Hiyerarşisi: Ahşap Döngüsel Senaryolarının Teorik Modellenmesi

5.1. Ahşap için Kademeli Kullanımın Tanımı ve Teorik Temeli

Kademeli kullanım, özellikle ahşap gibi biyogenik ham maddelerin kullanımını optimize etmek için tasarlanmış, döngüsel ekonomi içinde temel bir stratejidir. Bu strateji, "biyokütlenin kronolojik olarak sıralı adımlarla, malzemeler için mümkün olduğunca uzun, sık ve verimli bir şekilde ardışık kullanımını ve yalnızca ürün ömrünün sonunda onlardan enerji geri kazanılmasını" içerir (37). Bu yaklaşımın temel amacı, ahşabın doğal ve gömülü değerini tüm yaşam döngüsü boyunca en üst düzeye çıkarmak, böylece toplam biyokütle kullanılabilirliğini genişletmek ve işlenmemiş kaynaklara olan bağımlılığı azaltmaktır (6).

Kademeli kullanım kavramı, bir malzemenin bir kez malzeme uygulaması için kullanıldığı ve ardından enerji geri kazanımı için kullanıldığı "tek aşamalı kademeler" ile malzemenin nihai enerji geri kazanımından önce birkaç malzeme uygulamasından geçtiği "çok aşamalı kademeler" arasında ayrım yapar (37). Çok aşamalı kademeli kullanım, değeri koruma potansiyeli daha yüksek olduğu için özellikle vurgulanır, ancak aynı zamanda kullanılmış ahşabın geri kazanımı ve kullanımında daha önemli zorluklar sunar (39). Kademeli kullanım sadece ahşabı birden çok kez kullanmakla ilgili değildir; zaman içinde doğal ve gömülü değerini optimize etmekle ilgilidir. "En yüksek ve en iyi kullanım/değer seçenekleri" (6) ve "kronolojik olarak sıralı adımlar" (37) üzerindeki vurgu, malzeme yönetimine statik değil, dinamik bir yaklaşımı ima eder. Bu, daha düşük değerli bir uygulamaya geçmeden önce her aşamada maksimum faydayı çıkarmak ve mümkün olan en yüksek değeri korumakla ilgilidir. Kademeli kullanım, döngüsel ekonominin "kullanımda tutma" ilkesinin, özellikle ahşap gibi biyolojik malzemeler için uyarlanmış pratik bir tezahürüdür. Ahşabın gömülü karbonunun ve yapısal özelliklerinin mümkün olduğunca uzun süre kullanılmasını sağlayarak iklim faydasını ve kaynak verimliliğini en üst düzeye çıkarır, böylece döngüsel bir karbon ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunur.

5.2. Döngüsel Kullanım Senaryolarının Modellenmesi: En Yüksek Değerli Yapısal Uygulamalardan Düşük Değerli Ürünlere ve Biyoenerjiye

Ahşap için kademeli kullanım hiyerarşisi, en yüksek doğal ve gömülü değeri koruyan uygulamalara öncelik verir ve son enerji geri kazanımı aşamasından önce sistematik olarak daha düşük değerli kullanımlara doğru ilerler.

En Yüksek Değerli Kullanımlar (Yapısal Elemanlar): Ahşabın en yüksek değeri tipik olarak kirişler, kolonlar ve Çapraz Lamine Ahşap (CLT) ve Yapıştırılmış Lamine Ahşap (Glulam) gibi mühendislik ürünü masif ahşap ürünlerdeki yapısal uygulamalarda gerçekleştirilir (6). Bu uygulamalar, karbonu yapılı çevrede genellikle on yıllar, hatta yüzyıllar boyunca uzun süreler boyunca kilitlemek için çok önemlidir (10). Bir binanın birincil hizmet ömrü sona erdiğinde, iyi tasarlanmış yapısal ahşap elemanlar dikkatlice sökülebilir ve yeni inşaatlarda doğrudan yeniden kullanılabilir veya farklı yapısal amaçlar için yeniden yapılandırılarak yüksek değerlerini koruyabilir (20).

Orta Değerli Kullanımlar (Mobilya, Doğrama, Paneller): Yapısal kullanımdan sonra veya ilk ahşap kesim artıklarından türetilen ahşap, yüksek kaliteli mobilya, doğrama veya döşeme (9) olarak yeniden kullanılabilir. Ahşap ayrıca, sıklıkla geri dönüştürülmüş ahşap veya talaş gibi yan ürünler kullanılarak sunta veya lif levha gibi çeşitli panel ürünlerine işlenebilir (9). Özellikle ambalajdan gelen kullanılmış kereste, temizliği ve kuruluğu nedeniyle sunta üretimi için mükemmel bir girdidir (39).

Daha Düşük Değerli Malzeme Uygulamaları: Bu aşama, ahşap atıklarının veya yan ürünlerinin daha az yapısal talep gerektiren ancak yine de değerli malzeme özelliklerine sahip malzemelere dönüştürülmesini içerir. Örnekler arasında yalıtım, ahşap-plastik kompozitler (WPC) veya yapısal olmayan elemanlar için biyo-kompozitler bulunur (9). Örneğin, talaş, tuğlalar veya yarı yapısal elemanlar için uygun dirençli biyo-kompozitler oluşturmak üzere organik bağlayıcılarla birleştirilebilir (42).

Kullanım Ömrü Sonu (Biyokütle Enerjisi): Kademeli hiyerarşideki son aşama, ahşabın enerjetik geri kazanımıdır. Burada ahşap, ısı ve elektrik üretmek için odun yongaları veya peletler gibi biyoenerjiye dönüştürülür (6). Bu süreç

enerji geri kazanımı sağlarken ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltırken, malzemenin yapısal ve malzeme özellikleri yok edildiği için kademede en düşük değer korunumunu temsil eder (11). Yine de bu son adım, ahşabın nihai kullanım ömründe bile fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonları dengeleyerek sürdürülebilirliğe katkıda bulunmasını sağlar (6).

Ellen MacArthur Vakfı (EMF) modeli (6), iki farklı malzeme akışını vurgular: teknik (mavi akım) ve biyolojik (yeşil akım). Ahşap, bu iki döngüyü benzersiz bir şekilde birleştirir. Yenilenebilir bir kaynak olarak başlar (yeşil akım), katı veya mühendislik ürünü ahşap ürünler olarak teknik sisteme (mavi akım) girer ve ardından yan ürünler veya kullanım ömrü sonu malzemeler enerji geri kazanımı veya kompostlama için biyomalzeme sistemine (yeşil akım) geri dönebilir (6). Ahşabın yüksek değerli teknik kullanımlar ile nihayetinde biyolojik döngüye geri dönebildiği bu dinamik akış, döngüsel bir ekonomideki olağanüstü çok yönlülüğünü ve potansiyelini vurgular. Ahşap için kademeli model, katı bir doğrusal ilerleme değil, her aşamada değeri en üst düzeye çıkaran esnek, çok yollu bir sistemdir. Ahşabı çeşitli "yaşamları" boyunca etkili bir şekilde geçirmek için malzeme özellikleri, işleme yetenekleri ve pazar talepleri hakkında sofistike bir anlayış gerektirir, böylece karbon depolama potansiyelini ve genel kaynak verimliliğini uzatır.

5.3. Hiyerarşi İçinde Değerin Korunması ve Kaynak Optimizasyonu İlkeleri

Ahşabın kademeli kullanımı, temelde "malzemelerin doğal ve gömülü değerinin en yüksek ve en iyi kullanım/değer seçeneklerine dönüştürülmesi" ilkesiyle yönlendirilir (6). Bu temel ilke, geri dönüşüm gibi daha düşük değerli seçenekleri veya son çare olarak enerji geri kazanımını düşünmeden önce doğrudan yeniden kullanıma, ardından onarım, yenileme ve yeniden üretime öncelik verilmesini zorunlu kılar (6).

Optimal değer korunması, yan ürün atıklarının stratejik olarak diğer üretim süreçlerine girdi olarak dahil edilmesiyle sağlanır (38). Bu yaklaşım, depolama sahalarına gidecek atık miktarını en aza indirir ve genel kaynak kullanımını en üst düzeye çıkarır (38). İlke, bir bileşeni birincil formunda yeniden

kullanmanın, onu geri dönüşüm için parçalamaya kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bir değer koruduğunu vurgular. Bunun nedeni, doğrudan yeniden kullanımın daha az değişiklik, daha az üretim ve daha az enerji tüketimi ile sonuçlanması, bu da daha düşük bir çevresel etkiye yol açması ve ürünün gelecekteki döngüsellik potansiyelini korumasıdır (41). Kademeli kullanımın temel ilkesi, sadece çevresel bir hedef değil, aynı zamanda temel bir ekonomik ilke olan "değerin korunması"dır (6). Doğrudan yeniden kullanıma ve yüksek değerli uygulamalara öncelik vermek, enerji yoğun yeniden işleme ve yeni kaynak çıkarma ihtiyacını en aza indirir, böylece malzemede gömülü olan ekonomik değeri korur. Bu, çevresel faydaları doğrudan ekonomik teşviklere bağlayarak döngüsellığı finansal olarak çekici bir öneri haline getirir. Kademeli kullanımın yaygın olarak benimsenmesi ve optimize edilmesi için, değer korunmasına yönelik ekonomik teşviklerin, doğrusal bertaraf veya düşük değerli geri dönüşüme yönelik olanlardan daha güçlü ve daha görünür olması gerekir. Bu, daha yüksek değerli malzeme kullanımlarını aktif olarak ödüllendiren ve düşük değerli geri dönüşümü veya erken enerji geri kazanımını caydıran pazar mekanizmalarına ve politika desteğine ihtiyaç duyulduğunu ima eder, böylece ekonomik etkenleri çevresel hedeflerle aynı hizaya getirir.

5.4. Kademeli Kullanım Yollarını Etkileyen Politika ve Ekonomik Faktörler

Ahşabın kademeli kullanımlarının başarılı bir şekilde kurulması ve optimize edilmesi, öncelikle ticari zorunluluklar ve destekleyici politika çerçeveleri tarafından derinden etkilenen ekonomik faktörler tarafından yönetilir (37). Serbest bir piyasada, bu sektörlerdeki üreticiler genellikle ham maddeler için daha yüksek bir fiyat ödeyebildiğinden, kaynaklar doğal olarak daha yüksek değer yaratan uygulamalara yönelme eğilimindedir (37). Bu, genellikle kademelinin ilk aşamalarında malzeme uygulamalarını anlık enerji geri kazanımına tercih eder.

Ancak, önemli engeller kademeli kullanımın tam olarak gerçekleştirilmesini engellemektedir. Bunlar arasında yeniden kullanım için geri kazanılmış atık ahşabın temizlenmesinin karmaşıklığı gibi teknik zorluklar; yukarı akış ürünlerine bağımlılık ve ikincil malzemeler için gelişmemiş pazarlar gibi pazar

engelleri; ve biyokütlenin hem enerji hem de malzeme uygulamalarını bütünsel olarak ele alan entegre politika yaklaşımlarının eksikliği gibi yönetim engelleri bulunmaktadır (38). İnşaat, enerji ve ormancılık dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde politika uyumlaştırılması, bu nedenle ahşabın verimli yönetimini ve kademeli kullanımını etkin bir şekilde teşvik eden tutarlı bir çerçeve oluşturmak için çok önemlidir (37).

Hasat edilen ahşap ürünlere yönelik sınırlı iç talep, kısmen ahşap yapılar için kısıtlayıcı yangın güvenliği standartları tarafından daha da kötüleşerek, katma değerli yerli işleme endüstrilerinin gelişimini engelleyebilir (44). Tersine, biyoenerji için artan yakacak odun tüketimi, malzeme kullanımlarıyla rekabet yaratabilir ve hasat hacimleri sabitlenirse çok aşamalı malzeme kademesini sürdürmeyi zorlaştırabilir (44). Ahşabın malzeme ve enerji kullanımları arasındaki doğal gerilim (44), kritik bir politika sorununu vurgular. Daha yüksek değerli malzeme kullanımlarını anlık enerji geri kazanımına karşı teşvik eden ve önceliklendiren açık politikalar olmadan (37), "optimal" kademe kısa vadeli ekonomik baskılar nedeniyle doğal olarak gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle, dairesel ahşabın tam potansiyeline ulaşmak, sağlam bir politika-pazar bağı gerektirir. Bu, sadece sürdürülebilir orman yönetimini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda ahşap işleme ve inşaattaki teknolojik yenilikleri aktif olarak teşvik eden ve aynı zamanda dairesel ahşap ürünler için sosyal kabulü ve pazar talebini besleyen kapsamlı politika çerçeveleri geliştirmek anlamına gelir. Bu entegre yaklaşım, mevcut engelleri aşmak ve ahşap için gerçekten döngüsel bir biyoekonomiye geçişi sağlamak için esastır.

Sonuç

Küresel inşaat sektörü için doğrusal "al-yap-at" modelinden döngüsel bir ekonomiye geçiş, hem çevresel hem de ekonomik bir zorunluluktur. Ahşap; yenilenebilir, karbon tutan ve çok yönlü bir malzeme olarak bu dönüşümde merkezi bir rol oynamaktadır. Geleneksel yaşam döngüsü analizleri, doğası gereği doğrusal varsayımları nedeniyle ahşabın tam çevresel faydalarını yakalamakta genellikle yetersiz kalmakta, bu da sürekli malzeme döngüsünü ve değer korunumunu tanıyan ve ölçen "beşikten beşiğe" metodolojilere geçişi zorunlu kılmaktadır.

Ahşap yapılar için gerçekten döngüsel bir yaşam döngüsüne ulaşmak, Söküm Odaklı Tasarım (DfD) ilkelerinin yaygın olarak benimsenmesine bağlıdır. Bu, mekanik bağlantı elemanlarına, modülerliğe, standardizasyona ve uyarlanabilirliğe öncelik veren, kapsamlı dijital dokümantasyonla desteklenen proaktif bir tasarım felsefesi gerektirir. DfD'nin çevresel ve uzun vadeli ekonomik avantajları açık olsa da, uygulanması başlangıç maliyetleri, pazar talebi ve düzenleyici uyumla ilgili zorluklarla karşı karşıyadır; bu da bu boşluğu kapatmak için politika ve pazar teşviklerine olan ihtiyacın altını çizmektedir.

Malzeme Pasaportları (MP), ölçeklenebilir döngüsellliği mümkün kılan gerekli bilgi omurgasını sağlayan kritik bir dijital araç olarak ortaya çıkmaktadır. Ahşap bileşenlerin menşeyini, özelliklerini, geçmişini ve kullanım ömrü sonu potansiyelini belgeleyerek, MP'ler malzemeleri izlenebilir varlıklara dönüştürür ve değerlerinin korunmasını en üst düzeye çıkarır. MP'lerin uygulanabilirliği, dinamik ve gerçek zamanlı veri yönetimini kolaylaştırabilen BIM ve AI gibi gelişmiş dijital teknolojilerin entegrasyonu ile artırılmaktadır. Ancak, yaygın olarak benimsenmesi şu anda standardizasyon eksikliği, çözülmemiş veri sahipliği sorunları ve platformlar arası daha fazla işbirliği ihtiyacı ile kısıtlanmaktadır; bu da uyumlu endüstri ve politika çabaları gerektiren bir yönetim boşluğunu vurgulamaktadır.

Ahşap için Kademeli Kullanım Hiyerarşisi teorik modeli, en yüksek değerli yapısal uygulamalardan daha düşük değerli ürünlere ve nihayetinde biyoenerjiye geçerek değer korunumunu optimize etmek için bir çerçeve sunar. Teknik ve biyolojik döngüler arasındaki bu dinamik etkileşim, ahşabın karbon depolama potansiyelini ve kaynak verimliliğini en üst düzeye çıkarır. Ancak, bu optimal kademenin gerçekleştirilmesi ekonomik faktörlerden ve politika kararlarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Ahşabın malzeme ve enerji kullanımları arasındaki gerilim, ahşabın tam döngüsel potansiyelinin gerçekleştirilmesini sağlamak için daha yüksek değerli malzeme uygulamalarına öncelik veren entegre politikaları gerektirmektedir.

Nihayetinde, ahşap yapılar için döngüsel bir ekonominin başarılı bir şekilde uygulanması, karmaşık bir sosyo-teknik zorluktur. Bu, sadece ahşap ürünlerde ve dijital araçlarda sürekli teknolojik yenilik değil, aynı zamanda tasarım felsefesinde, ekonomik değerlemede ve düzenleyici çerçevelerde temel

değişimler gerektirir. En önemlisi, ahşabın gerçekten yenileyici bir yapıyı çevrenin temel taşı olarak hizmet etmesini sağlamak için sürdürülebilir orman yönetiminden kullanım ömrü sonu malzeme geri kazanımına kadar tüm değer zinciri boyunca geniş bir toplumsal kabul ve işbirlikçi çabalar gerektirmektedir.

BÖLÜM KAYNAKLARI

1. Kiesnere, G., Atstaja, D., Cudecka-Purina, N., Susniene, R., 2024. The potential of wood construction waste circularity. *Environments* 11 (11), 231. <https://doi.org/10.3390/>
2. Abad, F., Rameezdeen, R. and Chileshe, N. (2024), "Circular economy design strategies in mass timber construction: a systematic literature review", *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/SASBE-05-2024-0183>.
3. How economic circularity in the built environment drives value, <https://www.weforum.org/stories/2024/01/circular-economy-how-lighthouses-in-the-built-environment-can-drive-value/>
4. What Are Key Differences Between Linear and Circular Construction Models?, <https://sustainability-directory.com/question/what-are-key-differences-between-linear-and-circular-construction-models/>
5. Linear vs Circular Economy: Differences, Benefits & Why It Matters, <https://www.reconomy.com/2025/05/12/linear-economy-vs-circular-economy/>
6. A Framework for Incorporating Wood into the Circular Economy, <https://corrim.org/wp-content/uploads/2020/02/CORRIM-Circular-Economy-Framing-for-wood-Jan-21-2020.pdf>
7. Realising the potential of a circular economy for wood-based materials - Ellen MacArthur Foundation, <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/4f0462cc29893cbf/original/Regen-Forestry-Report.pdf>
8. Timber: the circular economy and achieving sustainable development, <https://hewinsoak.com/help/articles/32-timbers-role-in-the-circular-economy>
9. Timber and the Circular Economy: A Perfect Fit | BG&E, <https://bgeeng.com/timber-and-the-circular-economy/>

10. Cradle-to-Cradle: How Timber Contributes to the Circular Economy, <https://www.timbercladdingsolutions.co.uk/what-is-cradle-to-cradle-and-how-does-timber-contribute-to-the-circular-economy/>
11. Design for Deconstruction in Light Wood Frame - UBC Blogs - The University of British Columbia, https://blogs.ubc.ca/design4deconstruction/files/2025/03/Design-for-Deconstruction_Final_20250327.pdf
12. Designing timber buildings for disassembly | The Possible by WSP, <https://www.the-possible.com/designing-timber-buildings-disassembly/>
13. The Opportunity for Mass Timber Construction by Designing for Disassembly, <https://cadc.auburn.edu/current-state-of-construction-field-related-software-ecosystems/>
14. Cradle-to-Cradle in LCA – What is it & How does it work? | Ecochain, <https://ecochain.com/blog/cradle-to-cradle-in-lca/>
15. Design for Deconstruction: A Structural Analysis Guide - Number Analytics, <https://www.numberanalytics.com/blog/design-for-deconstruction-structural-analysis-guide>
16. Mass Timber Comparative Life Cycle Assessment Series Introduction – WoodWorks, Wood Products Council, <https://www.woodworks.org/resources/mass-timber-comparative-lca-series/>
17. Environmental Life-Cycle Assessment and Life-Cycle Cost Analysis of a High-Rise Mass Timber Building - Forest Products Laboratory, https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2021/fpl_2021_liang001.pdf
18. Design for Disassembly: a new approach to sustainability in timber construction, <https://www.rothoblaas.com/blog/design-for-disassembly-a-new-approach-to-sustainability-in-timber-construction>
19. Design For Deconstruction - Environmental Protection Agency (EPA), <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/designfordeconstrmanual.pdf>

20. Kitek Kuzman, M., Zbašnik-Senegačnik, M., Kosanović, S., Miloshevska Janakieska, M., Novaković, N., Rajković, I., & Grošelj, P. (2024). Architectural Perspectives on Wood Reuse within Circular Construction: A South–Central European Study. *Buildings*, 14(3), 560. <https://doi.org/10.3390/buildings14030560>.
21. Implementing Circular Economy Principles In Construction, <https://instituteofsustainabilitystudies.com/insights/guides/implementing-circular-economy-principles-in-construction/>
22. How Modular Construction Drives Productivity and Circularity, <https://www.weforum.org/stories/2025/01/modular-construction-productivity-circularity/>
23. Sandin, Y.; Shotton, E.; Cramer, M.; Sandberg, K.; Walsh, S.J.; Östling, J.; Zabala Mejia, A. Design of Timber Buildings for Deconstruction and Reuse—Three Methods and Five Case Studies. 2022. https://www.researchgate.net/publication/361951860_Design_of_Timber_Buildings_for_Deconstruction_and_Reuse_-_Three_methods_and_five_case_studies_OPEN_ACCESS
24. Nastaran Hasani, Riggio Mariapaola. Achieving Circular Economy in Mass Timber Construction Through Adaptable Design, Conference: Proceedings of the 67th International Convention of Society of Wood Science and TechnologyAt: Portorož, Slovenia, https://www.researchgate.net/publication/389819583_Achieving_Circular_Economy_in_Mass_Timber_Construction_Through_Adaptable_Design
25. Lisco, M. and Aulin, R. (2024), "Taxonomy supporting design strategies for reuse of building parts in timber-based construction", *Construction Innovation*, Vol. 24 No. 1, pp. 221-241. <https://doi.org/10.1108/CI-11-2022-0293>.
26. CircularWOOD – Towards Circularity in Timber Construction in the German Context - mediaTUM, <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1758963/document.pdf>

27. Wood and the circular economy, Resources, <https://www.naturallywood.com/resources/wood-and-the-circular-economy/>
28. Munaro, M.R.; Fischer, A.C.; Azevedo, N.C.; Tavares, S.F. Proposal of a building material passport and its application feasibility to the wood frame constructive system in Brazil. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2019, 225, 012018. DOI 10.1088/1755-1315/225/1/012018.
29. M. Honic et al. 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 225 012073, DOI 10.1088/1755-1315/225/1/012073.
30. The Role of Material Passports in Advancing Construction's Circular Economy - RLB, <https://www.rlb.com/europe/insight/the-role-of-material-passports-in-advancing-constructions-circular-economy/>
31. Mankata, L. M., Antwi-Afari, P., Frimpong, S., & Ng, S. T. (2025). Material Passports in Construction Waste Management: A Systematic Review of Contexts, Stakeholders, Requirements, and Challenges. Buildings, 15(11), 1825. <https://doi.org/10.3390/buildings15111825>.
32. Digital Product Passport in furniture: improving traceability and sustainability - MyLime, <https://my-lime.com/press/digital-product-passport-improving-traceability-and-sustainability>
33. KC, A., Senaratne, S., Perera, S., & Nanayakkara, S. (2025). Review of Material Passports and Their Application in Industrialised Construction: Enhancing Material Circularity in Construction. Sustainability, 17(12), 5661. <https://doi.org/10.3390/su17125661>.
34. Circular economy – How does wood fit into the future? - The Ultimate Renewable, <https://www.theultimaterenewable.com.au/consumer/circular-economy-2/>
35. Ghobadi, M., & Sepasgozar, S. M. E. (2025). Challenges and Benefits of Implementing AI in Timber Construction for Circular Economy Goals. Buildings, 15(7), 1073. <https://doi.org/10.3390/buildings15071073>.

36. Examples For Cascading Use, OpenGeoEdu, <https://learn.opengeoedu.de/en/biomassepotenzial/vorlesung/herkunft/bereitstellung/kaskadennutzung>
37. Mapping Study on Cascading Use of Wood Products - Panda.org, http://awsassets.panda.org/downloads/cascading_use_of_wood_web.pdf
38. European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, BTG, IEEP, INFRO, INTECUS, NOVA, Reichenbach, J., Mantau, U., Vis, M., Essel, R.Allen, B., CASCADES – Study on the optimised cascading use of wood, Mantau, U.(editor), Vis, M.(editor) and Allen, B.(editor), Publications Office, 2016, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/827106>.
39. Vis M., U. Mantau, B. Allen (Eds.) (2016) Study on the optimised cascading use of wood, No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels 2016. 337 pages.
40. The Cascade Use Of Wood, Almondia – Bautipps, <https://bautipps.almondia.com/en/features-en/ecological-building-sustainability/the-cascade-use-of-wood/>
41. Value & Reuse: Sustainable Construction and Circular Economy, Ideas - Bryden Wood, <https://www.brydenwood.com/us/sustainable-construction/s215250/>
42. Circular Economy in Action: The Wood Project - Rhino3Dzine, <https://rhino3dzine.com/stories/circular-economy-in-action-the-wood-project/>
43. Osvaldová, M., & Potkány, M. (2025). Circular Economy and Technological Innovation in the Forest-Based Sector: A Study on Wood–Plastic Composites Business Plan and Cost Calculations. *Forests*, 16(1), 52. <https://doi.org/10.3390/f16010052>.
44. Closing the loop on wood - European Circular Economy Stakeholder Platform,

<https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2023-07/Closing-the-loop-on-wood.pdf>

SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışma, ahşabın ekolojik mimarideki rolünü, yaygın olarak kabul gören teknik sürdürülebilirlik metriklerinin ötesine taşıyarak; fenomenoloji, biyofili, biyomimikri ve dairesel ekonomi prensiplerini bütünleştiren çok katmanlı bir kavramsal çerçeve içinde yeniden değerlendirmiştir. Araştırma, ahşabın yalnızca düşük karbonlu ve yenilenebilir bir yapı malzemesi olmanın ötesinde, insan, mekân ve doğa arasında derin, anlamlı ve karşılıklı bir ilişki kuran **aktif bir ontolojik ve psikolojik araç** olduğunu savunmuştur.

Bulguların Sentezi ve Çıkarımlar

Çalışmanın farklı bölümlerinde yapılan kuramsal analizler, bir araya getirildiğinde birbirini destekleyen ve bütünleyen bir tablo sunmaktadır.

1. **Fenomenolojik açıdan** yapılan inceleme, ahşabın doku, koku, sıcaklık ve ses gibi çoklu duysal niteliklerinin, modern mimarinin sıklıkla eleştirilen görsel odaklı ve "bedensiz" deneyimine karşı güçlü bir panzehir sunduğunu ortaya koymuştur. Ahşap, zamanla bir "patina" geliştirerek yaşlanma kapasitesiyle, Heidegger'in "mesken tutma" (dwelling) felsefesiyle derinden rezonans kurar. Statik bir nesne olmaktan ziyade, üzerinde zamanın ve yaşamın izlerini taşıyan, böylece mekâna zamansal bir derinlik ve "yaşanmışlık" hissi katan bir varlık haline gelir.
2. **Biyofili hipotezi**, ahşabın bu deneyimsel niteliklerinin neden insan ruh sağlığı ve fizyolojisi üzerinde olumlu etkiler yarattığına bilimsel bir zemin sunmaktadır. Stresi azaltma, bilişsel işlevi artırma ve genel refahı iyileştirme gibi kanıtlanmış faydalar, insanın doğa ve doğal malzemelerle olan evrimsel bağının bir tezahürüdür. Bu bağlamda tartışma, ahşabın sadece görsel bir taklidinin ("simülasyon") ötesinde, **otantik malzeme deneyiminin** bu faydaları en üst düzeye çıkarmak için elzem olduğunu vurgulamıştır.
3. **Biyomimetrik perspektif**, bu ilişkiyi bir adım öteye taşıyarak, ahşabı pasif bir malzemeden aktif bir "öğretmen" konumuna yükseltir. Tartışma, ahşap kullanımının "malzeme kullanımından" "malzeme

zekâsına" geçiş yapması gerektiğini öne sürmüştür. Ahşabın hiyerarşik ve anizotropik yapısı, kendi kendini onarma ve nem düzenleme gibi doğasında var olan stratejiler, daha dayanıklı, verimli ve uyarlanabilir yapılar tasarlamak için bir ilham kaynağıdır. Bu, doğayı taklit etmekten ziyade, doğanın temel prensiplerinden öğrenerek tasarım yapmaktır.

4. **Dairesel ekonomi** çerçevesi ise bu felsefi ve biyolojik temelleri, sorumlu bir kaynak yönetimi sistemine bağlar. Ahşabın, biyolojik ve teknik döngüler arasında köprü kurma konusundaki benzersiz potansiyeli, "beşikten beşiğe" bir yaklaşım için onu ideal bir malzeme yapar. Ancak bu potansiyelin tam olarak gerçekleştirilmesi, Söküm Odaklı Tasarım (DfD), dijital Malzeme Pasaportları ve Kademeli Kullanım Hiyerarşisi gibi proaktif stratejilerin benimsenmesine bağlıdır. Bu stratejiler, bir binayı bir "atık" kaynağı olarak değil, gelecekteki inşaatlar için bir "malzeme bankası" olarak görerek, ahşabın hem gömülü karbonunu hem de ekonomik değerini yaşam döngüsü boyunca korur.

Bu dört eksenin sentezi, ekolojik mimarinin amacının sadece "daha az kötü" binalar inşa etmek değil, aynı zamanda insan ve çevre için **onarıcı, besleyici ve anlamlı mekânlar** yaratmak olduğu fikrini güçlendirir. Bu bütünsel çerçeve, ahşabın bu vizyonu gerçekleştirmek için merkezi bir rol oynadığını göstermektedir.

Çalışmanın Sınırlılıkları ve Gelecek Araştırmalar için Öneriler

Bu çalışmanın kuramsal ve sentezleyici doğası, beraberinde bazı sınırlılıkları da getirmektedir. Öncelikle, araştırma, mevcut literatüre dayalı bir kavramsal çerçeve sunmakta olup, ampirik veri veya spesifik vaka analizleri içermemektedir. Önerilen bütünsel modelin pratik uygulamadaki etkinliği ve zorlukları, gelecekteki görgül çalışmalarla test edilmelidir. İkinci olarak, ahşaba yönelik algı ve kültürel anlamlar evrensel olmayabilir; çalışma bu kültürel farklılıkları derinlemesine analiz etmemiştir.

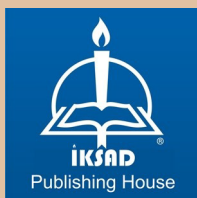
Bu sınırlılıklar, gelecekteki araştırmalar için önemli yollar açmaktadır:

- **Görgül ve Karşılaştırmalı Çalışmalar:** Önerilen bütünsel çerçeveye göre tasarlanmış ahşap yapılar ile geleneksel ekolojik veya

konvansiyonel yapılar arasında uzun vadeli karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar, kullanıcıların psikolojik ve fizyolojik refahı üzerindeki etkileri nicel ve nitel olarak ölçebilir.

- **Kültürlerarası Araştırmalar:** Ahşabın farklı kültürel bağlamlardaki fenomenolojik algısı ve sembolik anlamları üzerine yapılacak etnografik çalışmalar, bu çerçevenin yerel koşullara nasıl uyarlanabileceğine dair değerli bilgiler sunacaktır.
- **Politika ve Ekonomik Modelleme:** Söküm Odaklı Tasarım ve Malzeme Pasaportları gibi döngüsel stratejilerin yaygınlaşmasının önündeki ekonomik ve düzenleyici engelleri analiz eden ve bu engelleri aşmak için somut politika önerileri geliştiren çalışmalara ihtiyaç vardır.
- **Tasarım Araçlarının Geliştirilmesi:** Fenomenolojik, biyofilik ve biyomimetik ilkeleri doğrudan tasarım sürecine (örneğin BIM tabanlı yazılımlara) entegre eden pratik araçlar ve metodolojiler geliştirilebilir.

Nihayetinde, bu araştırma, ahşabı yapıları çevrenin geleceğinde sadece teknik bir çözüm olarak değil, aynı zamanda daha sürdürülebilir, sağlıklı ve anlamlı bir varoluş biçimini şekillendirecek felsefi bir temel taşı olarak konumlandırma çağrısında bulunmaktadır. Gerçek ekolojik mimari, sadece inşa ettiğimiz şeyle değil, aynı zamanda nasıl "mesken tuttuğumuzla" ilgilidir ve ahşap, bu derin ve anlamlı ilişkiyi yeniden kurmak için bize eşsiz bir fırsat sunmaktadır.



ISBN: 978-625-378-264-1